

TRABAJO FINAL DE MÁSTER
MÁSTER EN INGENIERÍA AERONÁUTICA
CURSO ACADÉMICO 2021/2022

Certificación de operaciones, servicios y aeronaves



Autor

Enrique Carrasco Domínguez - encardo@etsid.upv.es

Tutor

Israel Quintanilla García - iquinta@cgf.upv.es

Segundo Tutor

Áurea Cecilia Gallego Salguero - augalsal@cgf.upv.es

Resumen

El objetivo de este Trabajo Final de Máster “Certificación de operaciones, servicios y aeronaves” es ofrecer un contexto del estado normativo, de certificación y operacional actuales en referencia al uso presente y futuro de drones en el espacio aéreo rural y urbano, tanto tripulados como no tripulados, en el seno de las fases previas a la expansión de su uso según los proyectos desarrollados en el ámbito de la Unión Europea. Se realizará un análisis de la normativa actual, análisis de mercado y económico, de demanda e inclusión de nuevas tecnologías aún por desarrollar como es la tecnología Blockchain. Además se definirán los proyectos europeos con mayor relevancia en la actualidad U-space, SESAR, METROPOLIS, entre otros, con la finalidad de establecer una estrategia de certificación y establecer futuros pasos en el desarrollo de la materia.

Palabras clave: *certificación, drones, UAS, servicios, espacio aéreo, gestión del tráfico, innovación, desarrollo, normativa.*

Abstract

The aim of this Master's Final Project "Operations, services and aircraft certification" is to provide a context of the current regulatory, certification and operational status regarding the present and future use of drones in rural and urban airspace, both manned and unmanned, within the phases prior to the expansion of their use, within established projects developed in the European Union. This project will describe and analyze current regulations, market and economic analysis, demand and the inclusion of new technologies yet to be developed, such as Blockchain technology. Furthermore, this project helps to define most relevant European projects, such as U-space, SESAR, METROPOLIS, among others, with the aim of establishing a certification strategy and future steps in the development of the subject.

Keywords: *certification, drones, UAS, services, airspace, traffic management, innovation, development, regulation.*

Resum

L'objectiu d'este Treball Final de Màster “Certificació d'operacions, servicis i aeronaus” és donar un context de l'estat normatiu, de certificació i operacional actuals en referència a l'ús present i futur de drones en l'espai aeri rural i urbà, tant tripulats com no tripulats, en el si de les fases prèvies a l'expansió del seu ús segons els projectes desenrotllats en l'àmbit de la Unió Europea. Es realitzarà una anàlisi de la normativa actual, anàlisi de mercat i econòmic, de demanda i inclusió de noves tecnologies encara per desenrotllar com és la tecnologia Blockchain. A més es definiran els projectes europeus amb major rellevància en l'actualitat U-space, SESAR, METROPOLIS, entre altres, amb la finalitat d'establir una estratègia de certificació i establir futurs passos en el desenrotllament de la matèria.

Paraules clau: *certificació, drones, UAS, servicis, espai aeri, gestió del tràfic, innovació, desenrotllament, normativa.*

Agradecimientos

A mi familia.

Índice

Índice de figuras	11
Índice de tablas	14
Acrónimos	15
1. Introducción	18
1.1. Motivación, justificación y propósito del documento	18
1.2. Historia y conceptos previos	18
1.2.1. Primeros drones de medidados de 1850	19
1.2.2. Primer cuadricóptero a principios de 1990	20
1.2.3. Avance en la tecnología dron: 1915-1920	20
1.2.4. Apogeo del desarrollo militar en la tecnología dron: 1930-1945	21
1.2.5. Guerra de Vietnam y el uso de drones de reconocimiento	22
1.2.6. Aviones recreativos de uso civil en la década de 1960	23
1.2.7. Mejoras en los drones militares: 1980-1989	23
1.2.8. Desarrollo exponencial de la tecnología dron militar y civil: 1990-2010 . .	24
1.2.9. La era de oro de los drones: 2010-Actualidad	25
2. Estado del arte	26
2.1. Beneficios y oportunidades de la expansión de la tecnología UAS	27
2.2. Gestión del tráfico aéreo: factor clave en el desarrollo	29
2.3. En la base del crecimiento exponencial	30
3. Análisis de demanda y económico	32
3.1. Flota actual de drones en operación y previsiones futuras	32
3.2. Demanda según el tipo de operación	34
3.3. Demanda según sector	36
3.3.1. Agricultura	36
3.3.2. Energía	37
3.3.3. Seguridad	37

3.3.4.	Comercio electrónico y servicios de entrega de mercancías	38
3.3.5.	Movilidad y transporte	39
3.3.6.	Demanda en sectores en crecimiento	39
3.4.	Impacto económico	40
3.4.1.	Beneficios y economía de la tecnología dron e implicaciones en el mercado laboral	40
3.4.2.	Implicaciones en el comercio global	41
4.	Proyecto SESAR	43
4.1.	Definición del proyecto SESAR	43
4.2.	SESAR <i>Master Plan</i>	43
5.	U-space	45
5.1.	Concepto e introducción	45
5.2.	European Aviation Safety Agency	46
5.2.1.	Clasificación de los UAV's	46
5.2.1.1.	Clase C0	47
5.2.1.2.	Clase C1	50
5.2.1.3.	Clase C2	54
5.2.1.4.	Clase C3	58
5.2.1.5.	Clase C4	62
5.2.1.6.	Clase C5	64
5.2.1.7.	Clase C6	64
5.3.	Volúmenes del espacio aéreo VLL	65
5.3.1.	Definición de VLL <i>Very Low Level</i>	65
5.3.2.	Volúmenes X, Y, Z	65
5.3.2.1.	Volumen X	66
5.3.2.2.	Volumen Y	66
5.3.2.3.	Volumen Z	67
5.4.	Servicios que ofrece U-space	68
5.5.	Prestaciones de UAV's según volumen	69

5.5.1.	Identificación a distancia	69
5.5.2.	Geo-conciencia	70
5.5.3.	Geovallado dinámico	71
5.5.4.	Presentación de informes de posición	71
5.5.5.	Piloto conectado a U-space	71
5.5.6.	Sistemas Detect and Avoid	72
5.5.7.	Detect and Avoid respecto de la aviación tripulada	72
6.	Operaciones con UAS/drones	73
6.1.	Tipos de Operaciones con drones	73
6.1.1.	Vuelo pilotado de manera remota	73
6.1.2.	Vuelo automático (AF)	74
6.1.3.	Vuelos en formación	74
6.2.	Categorías Operacionales según la EASA	75
6.2.1.	Categoría abierta	75
6.2.1.1.	Seguro de responsabilidad civil obligatorio	76
6.2.1.2.	Documentación necesaria para operaciones en categoría abierta	76
6.2.1.3.	Drones sin marcado de clase	77
6.2.1.4.	Operaciones con drones en categoría abierta: Reglamento Delegado 2019/945	77
6.2.1.5.	Subcategoría A1	78
6.2.1.6.	Subcategoría A2	79
6.2.1.7.	Subcategoría A3	80
6.2.2.	Categoría específica	81
6.2.2.1.	Declaración operacional y escenarios estándar	81
6.2.2.2.	Autorización Operacional	83
6.2.2.3.	Certificado de operador de UAS ligero LUC	84
6.2.3.	Categoría certificada	85
6.2.4.	Operaciones extranjeras y transfronterizas en España	86
6.2.4.1.	Operadores Europeos	86
6.2.4.2.	Operadores no Europeos o con residencia fuera de la Unión Europea	87

7. Certificación	89
7.1. Proyecto DACUS y certificación	89
7.2. Proyecto METROPOLIS y certificación del espacio aéreo urbano	91
7.2.1. No estructurado	92
7.2.2. Capas	93
7.2.3. Zonas	97
7.2.3.1. Separación por zonas para UAVs	97
7.2.3.2. Separación por zonas para PAVs	100
7.2.4. Corredores/Tubos	103
7.3. Criterios de referencia para la certificación de drones.	105
7.3.1. Sistemas de comunicación	105
7.3.2. Inclemencias meteorológicas	106
7.3.3. Sistemas de redundancia (motores/baterías/sistema de control de vuelo/- comunicaciones)	107
7.3.4. Sistemas de emergencia	107
7.3.5. Sistemas de actuación en caso de batería baja	107
7.3.6. Límites en peso y emisión de ruidos	108
7.3.7. Sistemas <i>Sense and Avoid</i>	108
8. Innovaciones e implementaciones futuras: Tecnología Blockchain	109
8.1. Introducción	109
8.2. Definición de la tecnología Blockchain	109
8.3. Beneficios que puede aportar la tecnología Blockchain a la aviación no tripulada .	110
8.3.1. Simplificación de datos de vuelo	110
8.3.2. Nueva forma de garantizar el cumplimiento	110
8.3.3. Garantía de certificación y mantenimiento	111
8.3.4. Auditoría accesible e inmutable	111
8.3.5. Certificación, Blockchain y futuro	111
9. Presupuesto del proyecto	113
9.1. Material	113

9.2. Mano de obra	113
9.3. Licencias	114
9.4. Presupuesto total	114
Bibliografía	115

Índice de figuras

1.	Ataque a Venecia por globos. [26]	19
2.	Primer cuadricóptero. [9]	20
3.	Imagen del <i>Ruston Proctor Aerial Target</i> . [34]	21
4.	Dron V-1. [6]	22
5.	Ryan Model 147. [32]	23
6.	USA Air-Force Pedrator. [33]	24
7.	Amazon Prime Air. [3]	25
8.	Sectores de desarrollo. [41]	29
9.	Crecimiento del número de unidades de drones, en miles. [41]	32
10.	Previsión de crecimiento del número de aeronaves no tripuladas. [41]	33
11.	Evolución de la demanda de drones según el tipo de operación. [41] [44]	35
12.	Evolución de la demanda de drones según el tipo de industria. [41]	36
13.	Estimación del impacto económico de la tecnología dron en la Unión Europea. [41]	41
14.	Eficiencias proyecto SESAR. [42]	44
15.	Objetivos a nivel de prestaciones SESAR. [42]	44
16.	Desarrollo U-space. [43]	46
17.	Representación gráfica de los diferentes tipos morfológicos de entornos urbanos. [17]	90

18.	Espacio aéreo no estructurado. [31]	92
19.	Ratio de conflicto en los casos separación de UAVs descentralizada (Air) y centralizada (Ground). [27]	92
20.	Resolución de conflictos geométrica según el algoritmo MVP. [31]	93
21.	Espacio aéreo estructurado por capas. [31]	94
22.	Sistema de capas para PAV y UAV [31]	95
23.	Representación de los conos de despegue y aterrizaje en la estructuración por capas. [31]	96
24.	Vista vertical de un espacio aéreo dividido por zonas. [31]	97
25.	Sistema de división por cuadrículas. [31]	98
26.	Rutas UAV por cuadrículas. [31]	99
27.	Rutas alternativas UAV por cuadrículas. [31]	99
28.	Vista superior de la zona colectora general. [31]	101
29.	Propuesta de división según METROPOLIS. [31]	101
30.	Anillos exteriores poligonales. [31]	102
31.	Uso de anillo externo para cambio de ruta de emergencia. [31]	102
32.	Cambio de rumbo en zona de alto flujo. [31]	103
33.	Cambio de rumbo en zona de alto flujo 3D. [31]	103
34.	Espacio aéreo estructurado en corredores/tubos. [31]	104

35. Representación de los corredores/tubos en función del tipo de aeronave. [31] . . . 104

Índice de tablas

1.	Servicios U-space disponibles según volumen. [16]	70
2.	Autoridad competente según Estado Miembro de la Unión Europea. [20]	88
3.	Coste presupuestado del material.	113
4.	Coste presupuestado de la mano de obra.	113
5.	Coste presupuestado de las licencias de software.	114
6.	Coste presupuestado total del proyecto.	114

Acrónimos

AESA	Agencia Española de Seguridad Aérea
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
AF	Automated Flight
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
ATC	Air Traffic Control
ATS	Air Traffic Services
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
CBD	Central Business District
CNS	Communication Navigation Surveillance
CONOP	Concept of Operations
CORUS	Concept of Operations for European UTM Systems
CTR	Control Traffic Region
DACUS	Demand and Capacity Optimisation in U-Space
DCB	Demand and Capacity Balancing
DDA	Detect and Avoid
DRID	Direct Remote Identification
E	Este
EASA	European Aviation Safety Agency
EE.UU.	Estados Unidos
FIZ	Flight Information Zone
FPV	First Person View
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HALE	High Altitude Long Endurance
IOT	Internet Of Things
I+D	Investigación y Desarrollo
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging

LUC Light UAS Operator Certificate
MALE Medium Altitude Long Endurance
MTOM Maximun Take-Off Mass
MVP Modified Voltage Potential
N Norte
NE Noreste
NRID Network Remote Identification
NW Noroeste
OACI Organización de Aviación Civil Internacional
OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PAC Política Agrícola Común
PAV Personal Aerial Vehicle
PDRA Pre-Defined Risk Assessment
RPAS Remotely Piloted Aircraft Systems
S Sur
SE Sureste
SESAR Single European Sky's ATM Research
SMS Security Management System
SORA Spicific Operation Risk Assessment
STS Escenario Estándar
SW Suroeste
TFM Trabajo Final de Máster
UAV Unmanned Aerial Vehicle
UAS Unmanned Aerial System
UE Unión Europea
USA United States of America
VFR Visual Flight Rules
VLL Very Low Level
VLOS Visual Line of Sight
W Oeste

2D Dos dimensiones

3D Tres dimensiones

1. Introducción

1.1. Motivación, justificación y propósito del documento

Desde un punto de vista estratégico y visión de mercado, el sector aeronáutico referente a vehículos aéreos no tripulados (UAV's) se encuentra en la casilla de salida. Actualmente existen un gran número de proyectos a nivel europeo e internacional referentes a la regulación y normativa de drones preparando el marco regulatorio para una implantación futura que cada vez es más inminente. En consecuencia se elabora este Trabajo Final de Máster donde se detallarán los principales proyectos de actualidad, qué beneficios aportan para la regulación de operaciones, servicios y certificación de drones, además de futuras líneas de negocio que serán necesarias desarrollar cuando la demanda crezca en línea a la normalización de la regulación en el ámbito europeo.

Dado que los proyectos con drones se encuentran en fase de desarrollo no existe una definición clara de los procesos de certificación que tendrán que llevarse a cabo para cada tipo de operación, es esa falta de información la que desemboca en la elaboración de este Trabajo Final de Máster proponiendo soluciones, innovaciones y nuevas propuestas de certificación recurrente y automática para asegurar que todos y cada uno de las operaciones que se realicen con UAV's cumplan con la normativa actual y futura, asegurando la integridad del vehículo y personas cercanas a los lugares donde se produzca dicha actividad.

1.2. Historia y conceptos previos

Los primeros desarrollos y prototipos de drones aparecen de la mano de la industria militar aunque en la actualidad su uso se ha extendido en el ámbito civil incluyendo operaciones la monitorización meteorológica, reparto de mercancías y material médico, fotografía, inspección de edificios y catástrofes naturales entre otras. Las posibilidades en el ámbito de los drones son casi infinitas, básicamente, con la tecnología adecuada, un vehículo aéreo no tripulado podría desempeñar funciones todavía no exploradas y satisfacer la demanda de operaciones y servicios que aún no se han desarrollado.

1.2.1. Primeros drones de medidados de 1850

Antes del primer vuelo de los hermanos Wright en 1903, ingenieros y militares austriacos ya habían desarrollado el que puede considerarse como el primer ataque militar con drones. En el año 1849 Austria atacó Venecia utilizando globos aerostáticos no tripulados rellenos de carga explosiva, lanzando aproximadamente 200 globos incendiarios sobre la ciudad.

Aproximadamente cada globo transportaba entre 11 y 14 kilogramos de material explosivo que no llegaron a cumplir su cometido debido a un cambio repentino en la dirección del viento que hizo desviar la trayectoria de la mayoría de estos artilugios.

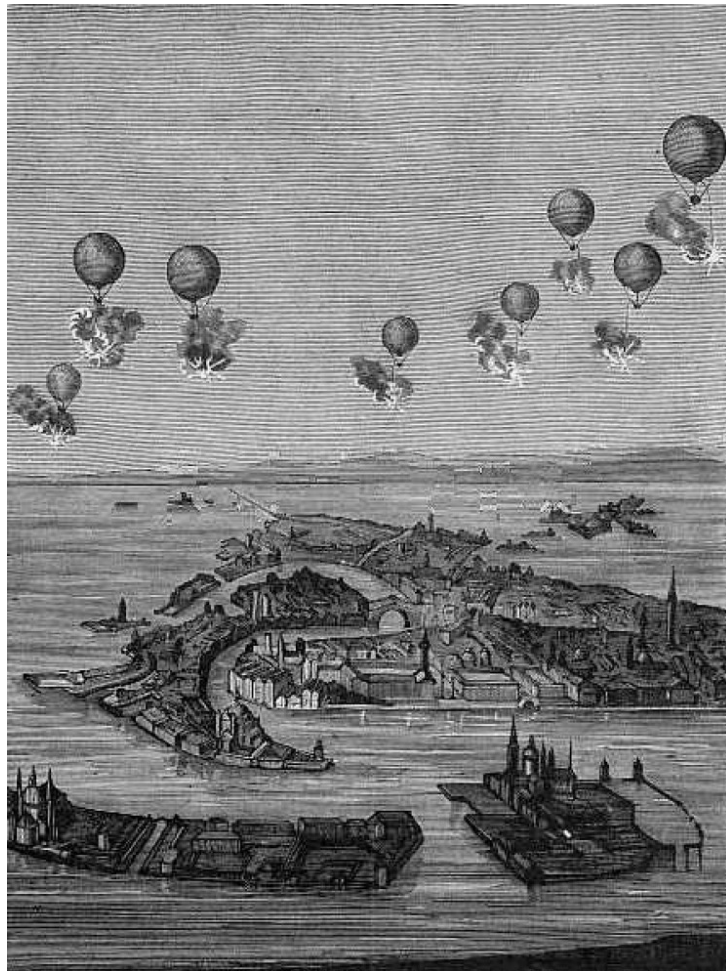


Figura 1: Ataque a Venecia por globos. [26]

1.2.2. Primer cuadricóptero a principios de 1900

La gran mayoría de UAV's comerciales modernos presentan la configuración de cuadricóptero. Los primeros prototipos basados en esta configuración aparecieron en 1907 cuando los hermanos Jacques y Louis Bréguet desarrollaron un primer prototipo con su autogiro, precursor del helicóptero. Sin duda, el diseño era muy avanzado para la época. Logró mantenerse en vuelo a una altura de 60 centímetros estabilizado manualmente.

Con este primer prototipo se demostró que el concepto de cuadricóptero era viable para su uso en vuelo a falta de un mayor desarrollo de esta tecnología.

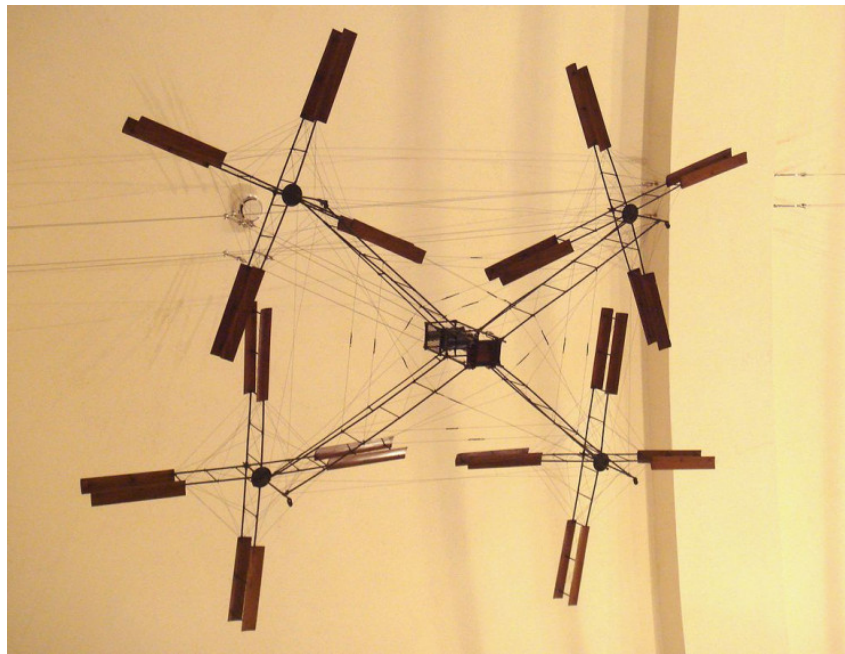


Figura 2: Primer cuadricóptero. [9]

1.2.3. Avance en la tecnología dron: 1915-1920

El primer vehículo aéreo no tripulado se desarrolló en el año 1916 tras el estallido de la Primera Guerra Mundial. El ingeniero británico Archibald Low desarrollo un sistema de guiado por radio introducido en este primer dron militar al que denominaron Ruston Proctor Aerial Target.



Figura 3: Imagen del *Ruston Proctor Aerial Target*. [34]

Archibal Low, junto con su equipo de ingenieros, desarrollaron este primer vehículo aéreo no tripulado guiado por radio que se lanzaba directamente desde la parte trasera de un camión utilizando aire comprimido para acelerarlo rápidamente. Además, Low desarrolló el primer cohete guiado por radio que fue el precursor del famoso cohete alemán V1 utilizado en la Segunda Guerra Mundial. A pesar del éxito militar de sus invenciones, los británicos no continuaron con el desarrollo iniciado por Low.

1.2.4. Apogeo del desarrollo militar en la tecnología dron: 1930-1945

En la década de 1930 la Marina de los Estados Unidos comenzó a experimentar con aviones guiados por control remoto dando lugar al desarrollo del dron militar Curtiss N2C-2. En 1935 el ejército británico desarrolló el Queen Bee, un drone guiado por control remoto que dio lugar al uso del término “drone”.

El Radioplane OQ-2, un modelo de dron por control remoto desarrollado por el actor británico Reginald Denny y el ingeniero Walter Righter en la década de 1930 se convirtió en el primer UAV de producción masiva en los Estados Unidos, fabricando entorno a los 15.000 drones para el ejército norteamericano durante la guerra.

Un factor clave en el desarrollo de la tecnología de guiado de drones fue cuando Edward M. Sorensen, patentó la tecnología de guiado utilizando estaciones en tierra desencadenando así el guiado de drones más allá del campo visual de los pilotos que los guiaban desde tierra.

En la Segunda Guerra Mundial los alemanes desarrollaron el V-1, el primer misil de crucero que pudo ser utilizado con efectividad. Con el desarrollo de estos misiles el ejército alemán bombardeó ciudades británicas. Utilizaban un sistema de guiado autónomo para controlar la altitud y velocidad, giroscopios para la guiñada y cabeceo, una brújula magnética para controlar el azimut y un barómetro para la altitud.



Figura 4: Dron V-1. [6]

1.2.5. Guerra de Vietnam y el uso de drones de reconocimiento

En la guerra de Vietnam se produjo el primer uso militar de vehículos aéreos no tripulados para misiones de reconocimiento. Además se emplearon también como señuelos y lanzamiento de misiles contra objetivos fijos. A finales de la década de 1950, el SR-71 Blackbird seguía en fase de desarrollo, los satélites no estaban en funcionamiento todavía y el ejército buscaba la manera de monitorear el terreno enemigo y para desarrollar estrategias de combate.



Figura 5: Ryan Model 147. [32]

1.2.6. Aviones recreativos de uso civil en la década de 1960

Con el surgimiento de la tecnología de transistores, los componentes de guiado por control remoto para drones se podían finalmente fabricar con un tamaño reducido y un coste menor. Empezaron a comercializarse kits que permitían construir tu propia aeronave y se instauraron los primeros clubes de la época.

1.2.7. Mejoras en los drones militares: 1980-1989

A pesar de que Estados Unidos logró un gran avance en la fabricación en masa y el suministro de drones para el ejército, los vehículos aéreos no tripulados se consideraban a menudo poco fiables y caros. Esta perspectiva cambió en 1982, cuando las fuerzas israelíes utilizaron aviones no tripulados para obtener una victoria sobre la Fuerza Aérea Siria con mínimas pérdidas en equipamiento y presupuesto.

Estados Unidos también inició el programa Pioneer UAV en 1980, con el objetivo de construir un avión no tripulado de bajo coste. Un proyecto conjunto de EE.UU. e Israel en 1986 condujo

al desarrollo del RQ2 Pioneer, un avión de reconocimiento de tamaño medio.

Durante este período se iniciaron los estudios en fuentes de energía alternativas para alimentar drones, especialmente la energía solar, desarrollándose proyectos interesantes como el HALSOL de AeroVironment.

1.2.8. Desarrollo exponencial de la tecnología dron militar y civil: 1990-2010

Fué en estos años cuando se desarrollaron en mayor medida los mini y micro UAV's, además del Pedrator americano introducido en el año 2000. Utilizado en Afganistán para lanzar misiles y en la misión de búsqueda y captura de Osama Bin Laden. En los años siguientes, AeroVironment Inc. desarrolló una serie de drones de vigilancia de ala fija de pequeño tamaño, como Raven, Wasp y Puma. El Raven se utiliza actualmente en varios países, con decenas de miles de unidades desplegadas.



Figura 6: USA Air-Force Pedrator. [33]

En el año 2006 la FAA emitió oficialmente el primer permiso para aviones no tripulados de uso civil comercial sin embargo, las solicitudes no llegaron al volumen esperado obteniéndose un número muy reducido de solicitudes en los primeros años.

1.2.9. La era de oro de los drones: 2010-Actualidad

En la última década se ha producido una enorme inversión e innovación que ha dado pie a un mayor interés comercial y militar de la tecnología que envuelve a los vehículos aéreos no tripulados. En la actualidad la demanda civil y comercial de estos vehículos ha permitido que las grandes empresas inviertan capital y recursos en mejorar la tecnología presente, aumentando las funcionalidades y rendimiento de los drones de uso civil.

Uno de los usos más importantes es el de la fotografía e inspección visual de terrenos, catástrofes naturales además del uso recreativo. Además, las mejoras en estabilidad y autonomía ha abierto nuevas posibilidades de uso y que han hecho crecer a la industria de manera exponencial.



Figura 7: Amazon Prime Air. [3]

2. Estado del arte

Se prevé que el mercado europeo de drones representará 10.000 millones de euros anuales en 2035 alcanzando más de 15.000 millones en 2050. El desarrollo tecnológico de la aviación no tripulada avanza a un ritmo mucho más rápido que el de la aviación tripulada convencional. El rápido crecimiento en el uso de drones (civiles y militares) ha aumentado la demanda de acceso al espacio aéreo y principalmente con las operaciones de muy bajo nivel (VLL) y un mercado impulsado por nuevas oportunidades de negocio. [30]

Respecto de las operaciones de VLL, las áreas de implementación tecnológica requieren un mayor desarrollo y van de la mano de la implementación de U-space, concepto que será descrito a lo largo del proyecto, ya que emerge la necesidad de desarrollar un nuevo marco normativo y tecnológico que permita la realización de operaciones seguras y eficientes con drones altamente automatizados, principalmente cuyos vuelos se producirán a baja altura en zonas urbanas, por lo que existe nicho para aprovechar los últimos avances relacionados con áreas más tecnológicas, como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IOT), las redes 5G, a la vez que se tiene en cuenta la necesidad de abordar los problemas de ciberseguridad y procedimientos específicos para situaciones de emergencia y la gestión de fallos. Entre las áreas de investigación, se encuentran la identificación (manual y automática) y el geo-vallado. Independientemente de la tecnología elegida, hay que tener en cuenta las cuestiones de seguridad, privacidad y medio ambiente.

Se espera que las operaciones en los aeropuertos y alrededores crezcan. Sin embargo, los aeropuertos son una infraestructura crítica para el tráfico aéreo siendo especialmente vulnerables la intrusión de personas y vehículos. De esta forma, las infraestructuras deben cumplir con requisitos estrictos y muy calculados para mitigar problemas de seguridad y protección. Además, los sistemas militares de defensa del espacio aéreo deben estar cualificados para reaccionar ante cualquier situación relacionada con drones si se considerase crítica para la seguridad nacional.

Por último, también se espera que crezcan los vuelos suborbitales no tripulados y habría que prestar especial atención a los puntos de entrada y salida, además de la interacción que pudiesen producir con volúmenes de espacio aéreo inferiores.

2.1. Beneficios y oportunidades de la expansión de la tecnología UAS

El uso de drones ha sido y es fundamental a la hora de proporcionar nuevas capacidades de defensa a nivel global y europeo. Muchos cuerpos de seguridad se encuentran a la cabeza en el uso de esta tecnología y al igual que en el sector militar y de seguridad, toda la investigación y desarrollo está viendo frutos también en el ámbito civil. Un componente clave a la hora del desarrollo de la tecnología UAS es que permite obtener datos y mediciones que anteriormente eran muy complejas o inviables económicamente de conseguir y el desarrollo no ha hecho más que empezar. Además, la tecnología avanza y gracias al gran número de datos que se pueden extraer se puede conseguir un transporte más eficiente no solo de mercancías y productos de primera necesidad sino también en el transporte de personas.

Europa se encuentra a la cabeza en el desarrollo aeroespacial y de defensa, además de en I+D, invirtiendo en proyectos y focalizando el éxito de la industria de los drones. Muchos de los Estados miembros de la Unión Europea han ido poco a poco flexibilizando su normativa y legislación para permitir a los operadores e investigadores la oportunidad de experimentar y crear puntos de operación locales para el desarrollo.

Europa no es el único continente en el que se apuesta por la creación de valor gracias a la inversión en la tecnología dron. EEUU y China son dos geografías clave que internamente compiten en el desarrollo de esta tecnología y actualmente superan a la Unión Europea en capital invertido en investigación. Cabe destacar el papel que juega EEUU principalmente ligado a su uso en defensa. [41]

Dado que el desarrollo e investigación en defensa se encuentra más normalizado, se prevé que el impacto mayoritario en los próximos años se deba principalmente al auge del uso civil (tanto en gobiernos como en negocios a nivel general).

El desarrollo de la industria de los drones en el ámbito civil depende de la capacidad de los drones para operar en diferentes áreas del espacio aéreo, especialmente a muy bajo nivel (por debajo de 150 metros). Se estima que entorno a 7 millones de personas harán uso de estos vehículos en Europa con una flota de 400.000 drones comerciales y gubernamentales en 2050.

Se espera que tanto usuarios comerciales como profesionales demanden el uso de drones en el ámbito rural y urbano en vuelos tipo BVLOS. Estos casos podrían ser:

- **Agricultura:** se prevé que se necesiten 100.000 drones para agricultura de precisión que será fundamental para satisfacer las necesidades de productividad de Europa y apoyar las prácticas de los agricultores más ecológicos que son un foco de la Política Agrícola Común (PAC) de la UE de 2020.

- **Energía:** con una demanda prevista de 10.000 drones para inspecciones y mantenimiento pudiendo reducir una variedad de riesgos, incluidos el personal que realiza tareas peligrosas, el medio ambiente al mantener adecuadamente los activos y la infraestructura en general al limitar la cantidad de tiempo de inactividad a Europa, que ya es un gran importador de recursos y paga precios de energía más altos que otras regiones.

- **Comercio electrónico y *delivery*:** con una demanda prevista de entorno a 100.000, siendo capaces de ofrecer servicios de transporte de paquetes urgentes, incluidos los suministros médicos, que podrían completarse en una fracción de tiempo y los consumidores en línea podrían beneficiarse de una mayor accesibilidad tanto en áreas urbanas como remotas.

- **Seguridad pública:** donde se estima que se opere con una flota de 50.000 drones que podrían ser utilizados por una variedad de autoridades para evaluar y monitorear mejor las situaciones peligrosas, completar misiones de búsqueda y rescate, reunir evidencia para investigaciones y detectar y prevenir otras crisis.

- **Movilidad y transporte:** donde la infraestructura podría ser monitoreada garantizando su correcto mantenimiento y las futuras formas de aviones de pasajeros que podrían algún día operar de manera segura sin el requisito de pilotos a bordo.

Mission types	Sectors profiled in-depth					Other growth sectors included in study			
	Agriculture	Energy	Public safety & security	Delivery & e-commerce	Mobility & transport	Mining & construction	Telecom	Insurance	Others
Localized Surveying (primarily VLOS)		✓ Infrastructure sites	✓ Police & fire, in-vehicle units			✓ Bridge, crane & buildings	✓ Cell tower inspection	✓ Roof & site inspections	✓ Real estate, private security, media, indoor
Long range Surveying (primarily BVLOS)	✓ Crop & livestock monitoring	✓ Pipeline & power lines	✓ Police & fire, disasters, wildlife		✓ Railway inspection	✓ Site surveying	✓ Cell tower inspection	✓ Disaster impact	✓ University & research; especially wildlife
Light load movement (primarily BVLOS)	✓ Crop spraying / pellet application			✓ Parcel, medical supply, delivery		✓ Transport light critical material			✓ Ports, Indoor light goods movement
Long endurance Surveying (primarily ≥ 150m)	✓ Large land monitoring	✓ Pipeline & power lines	✓ Border control, maritime, environment surveillance						✓ University & research; especially wildlife
Unmanned aviation				✓ Cargo planes, air freight	✓ Passenger planes & rotorcraft				
Others		✓ Tethered wind energy prod.					✓ Connectivity provision		

Public safety also includes prison surveillance and examples for environment include poaching prevention; University and research examples include animal breeding monitoring, geological studies

Figura 8: Sectores de desarrollo. [41]

Además, se espera que se desarrollen nuevos tipos de drones en los próximos años, con capacidades diferentes que impacten de manera considerable en las diferentes áreas del espacio aéreo. A corto plazo, el desarrollo se priorizará en el control de fronteras (marítimas y terrestres). A largo plazo, se espera un desarrollo exponencial de la capacidad de automatización del vuelo de los drones, empezando por los de menor tamaño y posteriormente automatizando el vuelo de los aerotaxis, si bien es cierto que para llegar a este punto tanto la tecnología como la regulación normativa deberán ir de la mano.

2.2. Gestión del tráfico aéreo: factor clave en el desarrollo

Con el aumento de la demanda, es sencillo comprobar que la dificultad en la gestión del tráfico aéreo se incrementará igual o mayor manera. En la actualidad, el espacio aéreo es transitado mayoritariamente por aviones comerciales de transporte, aviación civil, helicópteros de vigilancia de la policía y en muy poco volumen, operaciones con drones. El pronóstico es que los vuelos con

drones representen la mayoría del tráfico aéreo y del uso del espacio. Los drones crearan nuevas tipologías de tráfico, especialmente en las zonas a muy bajo nivel, donde la demanda en zonas de alta población incrementará también el riesgo operacional de las mismas. El impacto también se prevé que sea significativo en las clases más convencionales de espacio aéreo donde se estima que para 2050, el 20 % del tiempo de vuelo lo lleven a cabo drones.

Como resultado, en la Unión Europea se desarrolla el proyecto SESAR, del que se darán más detalles en los siguientes apartados. El proyecto se basa principalmente en el desarrollo de siete pilares fundamentales para la gestión segura y eficiente del espacio aéreo:

1. *Detect and Avoid* “DDA”
2. Factores humanos
3. Control y programación de los *datalinks*
4. Seguridad y resiliencia a la ciberseguridad
5. Contingencia
6. Actividades de demostración y validación
7. Acceso al espacio aéreo y operaciones aeroportuarias

2.3. En la base del crecimiento exponencial

El mercado de los drones acaba de empezar a ofrecer beneficios significativos en toda la Unión Europea y la continuación del crecimiento es una oportunidad que tanto gobiernos como usuarios no deberían dejar escapar. Europa tiene la oportunidad de liderar el rápido crecimiento y desarrollo que se espera que se produzca a nivel global, especialmente en los servicios donde se estima que se genere un valor sustancial. Como punto clave se encuentra en desarrollo de un marco único europeo que además de demostrar altos estándares de seguridad y fiabilidad en la aviación, y es necesario adoptar una serie de medidas inmediatas a nivel de la Unión Europea, tanto para impulsar las capacidades innovadoras como para aplicar una normativa completa que

cree un mercado único de drones. El proyecto SESAR desempeña un papel importante en la modernización de la ATM de la UE, y podría contribuir a desempeñar un papel fundamental; de hecho, es necesario reunir a las partes interesadas públicas y privadas para garantizar que los beneficios sociales y económicos creados por los drones se habiliten efectivamente.

3. Análisis de demanda y económico

3.1. Flota actual de drones en operación y previsiones futuras

En la actualidad, los países miembros de la Unión Europea poseen una flota militar de 1.000 drones, incluyendo aproximadamente 40 drones de media y alta altitud (MALE y HALE). En total representan menos del 10 % del total de la flota de aeronaves militares [21]. Si se compara únicamente la flota de drones MALE y HALE, representan menos del 1 % de la flota total de aeronaves.

En el ámbito civil, los drones de uso recreativo han tomado la partida dominante y se estima que se encuentran en manos de los consumidores entorno a 2 millones. Además, existe un número menor de drones comerciales, superando las 10 000 unidades según los registros de operadores en varios Estados miembros de la Unión Europea, y que, hasta la fecha, se han utilizado principalmente para fines cinematográficos y topografía. Estas unidades comerciales se han asemejan más a las unidades de ocio que a los complejos sistemas militares en cuanto a sus prestaciones y características.

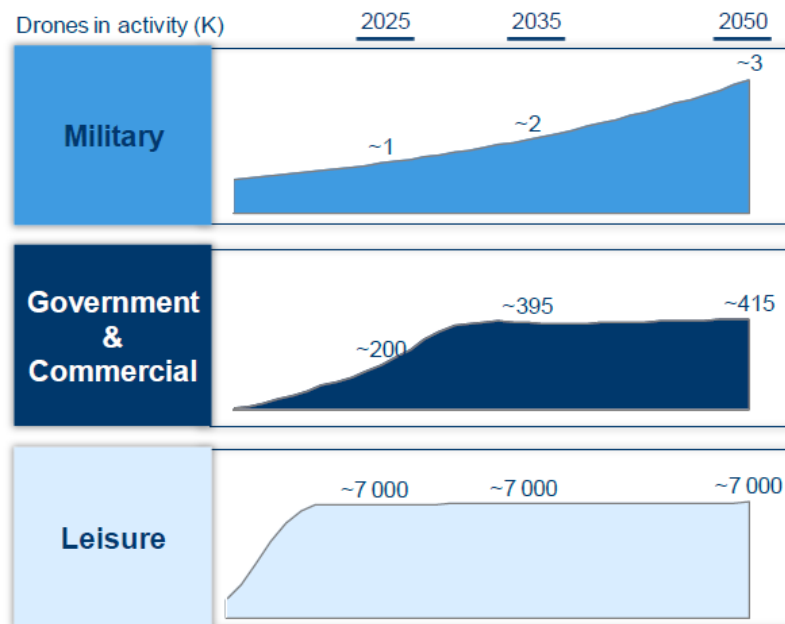


Figura 9: Crecimiento del número de unidades de drones, en miles. [41]

Por lo general, en la aviación militar se espera un crecimiento de un 5% anual, desde los miles hasta varios cientos de miles de unidades, en el ámbito recreativo y de ocio civil se estima que el número de unidades aumentará manteniéndose estable entorno a la cifra de 7 millones de unidades, y por último, en el sector gubernamental y comercial, se espera un rápido crecimiento del número de unidades hasta el año 2035 debido al aumento del número de operaciones necesarias y habilitadas para inspecciones, control de seguridad por parte del estado entre otros, para luego presentar una subida menos acusada hasta el año 2050.

De cara al futuro, se espera que las misiones de defensa se apoyen cada vez más en los drones, como demuestran el programa MALE de Europa y los indicios de que las flotas de aviación actuales podrían algún día ser sustituidas en parte por aviones no tripulados o incluir sistemas de piloto automático y/o remoto opcionales. A pesar de que el número de drones de uso militar es bastante reducido, en comparación con el total de drones en circulación, sirven como pilar de investigación y desarrollo y se espera que los desarrollos obtenidos desempeñen un papel fundamental en otros ámbitos de la seguridad pública (por ejemplo, la protección marítima, forestal y fronteriza) junto con la futura movilidad y el transporte.

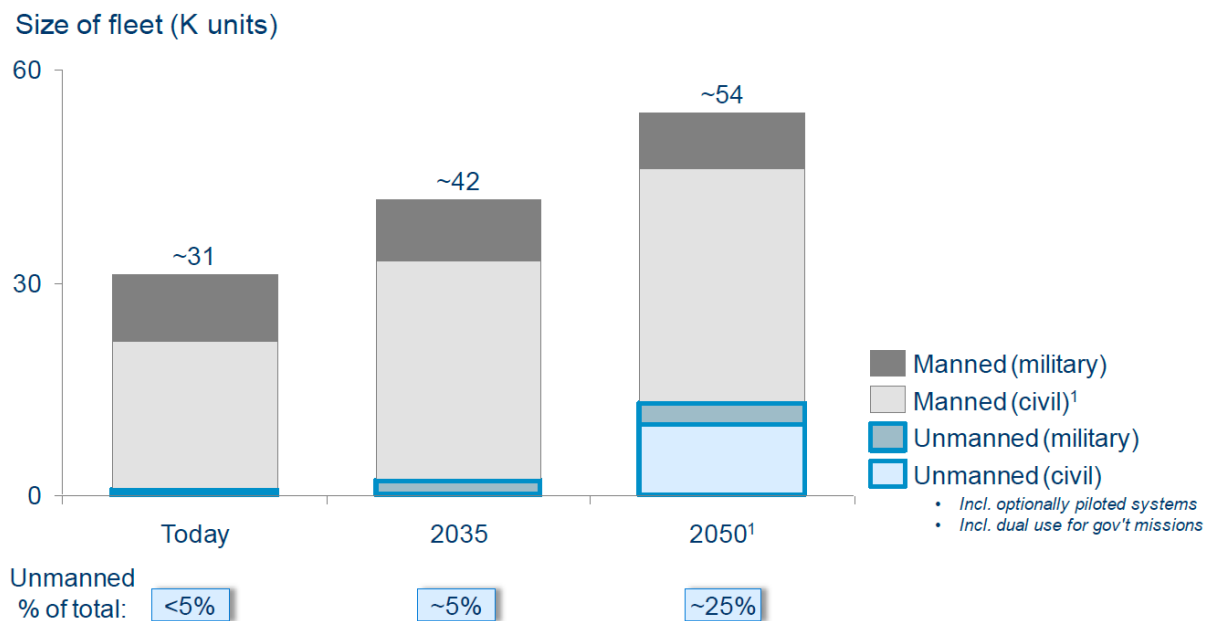


Figura 10: Previsión de crecimiento del número de aeronaves no tripuladas. [41]

Se espera que las misiones gubernamentales y los usos comerciales aumenten el número de drones en circulación. Este aumento incluye soluciones comerciales para la movilidad que probablemente comenzarán en forma de sistemas pilotados en remoto para aviones de carga y helicópteros antes de ser utilizados por las compañías aéreas regulares. Este nivel de crecimiento se espera que se produzca gradualmente y que no comience hasta al menos principios del 2030. Se estima que aproximadamente el 25 % de los aviones de carga, aeronaves de transporte ejecutivo, y aerolíneas estarían equipados con alguna forma de capacidades de control en a distancia en 2050. Antes de que comience la adopción masiva de sistemas automatizados y controlados de manera remota, existe un potencial a corto plazo para el uso de drones estratégicos por las autoridades gubernamentales apoyando la seguridad fronteriza y la vigilancia marítima junto a misiones relacionadas con el reconocimiento forestal (incluidos los incendios) y apoyo en caso de catástrofe natural.

3.2. Demanda según el tipo de operación

En la actualidad, el número de usuarios y operadores gubernamentales y comerciales involucrados está creciendo rápidamente. Gran parte de este crecimiento se está produciendo por drones multipropósito empleados para realizar estudios locales, incluido el mapeo (2D y 3D) y la inspección que, además, tiene potencial de aumentar rápidamente como resultado de las inspecciones de infraestructuras energéticas (parques solares, turbinas eólicas, centrales eléctricas, presas, refinerías, plataformas petrolíferas), la seguridad pública (respuesta de la policía y los bomberos), la minería y la construcción (tanto canteras como obras de construcción industrial, con el potencial de la topografía residencial en el futuro), los seguros (inspecciones de propiedades) y los medios de comunicación (nueva cobertura), entre otros.

También se espera que la mayoría de las operaciones de drones de carga operen en BVLOS, con una estimación de entorno 90.000 drones en 2035, principalmente para entrega en VLL. Como por ejemplo entrega de material médico de emergencia, entregas industriales ligeras, servicios de entrega de paquetes y entrega urgente remota. Para operaciones de fumigación y siembra se estima que se destinará una fracción más pequeña de drones, alrededor de 25.000.

Se esperan drones certificados más avanzados principalmente en el campo de la seguridad pública y la movilidad con tiempos de vuelo mayores y con un techo de vuelo superior a los 150 metros para garantizar la seguridad fronteriza, monitoreo marino y otras evaluaciones ambientales.

Por otra parte se están desarrollando nuevos usos para comunicaciones. Según un estudio de Volpe National [47] con la tecnología adecuada, se podría abastecer completamente a los Estados Unidos de un sistema de comunicaciones empleando únicamente 8 drones.

A continuación, en la Figura 11 se muestra un resumen gráfico de lo comentado anteriormente.

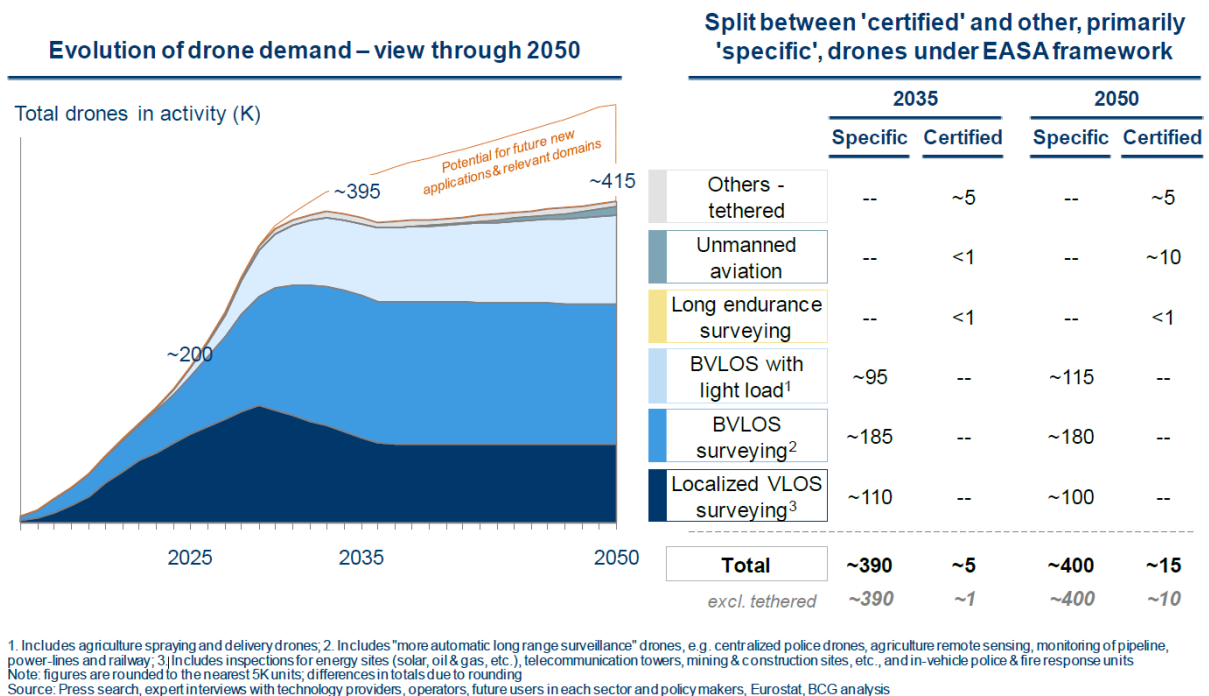


Figura 11: Evolución de la demanda de drones según el tipo de operación. [41] [44]

Se distingue entre aeronaves no tripuladas “certificadas” y las aeronaves no tripuladas “específicas”, principales categorías de diferenciación según la EASA. La diferencia entre ellas reside en el nivel de riesgo operacional que pueden asumir operaciones llevadas a cabo por dichos tipos de aeronaves. En los siguientes puntos se detallará la diferencia entre ambas categorías y requisitos mínimos que deberán cumplir.

3.3. Demanda según sector

Las estimaciones en la demanda se basan en casos de ámbito comercial y las diferentes dinámicas industriales en cada sector, Figura 12. “Other growth” representa una combinación de minería, construcción, medios, seguros y telecomunicaciones, inmuebles e investigación.

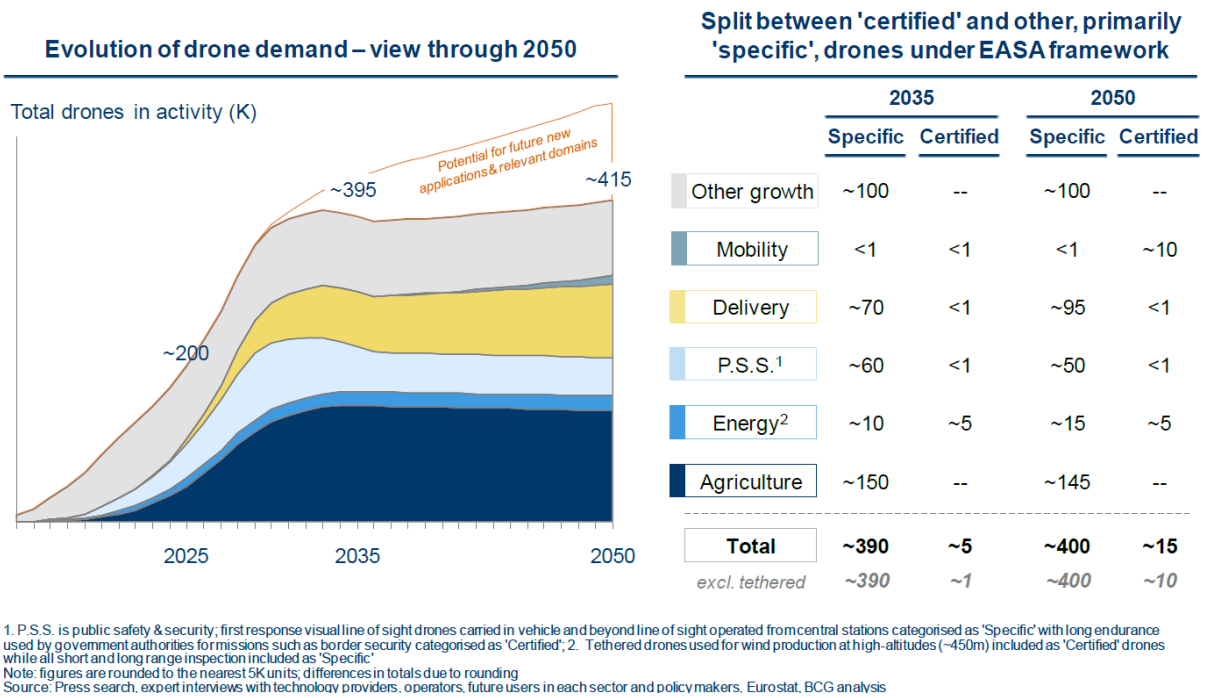


Figura 12: Evolución de la demanda de drones según el tipo de industria. [41]

3.3.1. Agricultura

Se prevé que el impulso en la instauración de operaciones BVLOS sea la capacidad de beneficiar el monitoreo de más de 175 millones de hectáreas de cultivos y ganado en Europa. El mercado ya ha empezado a operar con las primeras explotaciones que han decidido hacer uso de la tecnología dron. Además, el 95 % de las explotaciones agrícolas de Europa poseen menos de 50 hectáreas facilitando el uso de la tecnología dron en sus primeras fases de testeo y desarrollo. Es probable que la mayoría de los terrenos en los próximos años estén cubiertos por drones, ya que las ofertas actuales de satélites están limitadas por las nubes y los bajos niveles de servicio,

incapaces de adaptarse a las necesidades futuras de mayores intensidades de vuelo, además de su elevado precio. Se espera que crezca la demanda en aproximadamente 125.000 drones para 2035. [22]

Los drones de carga ligera rociarán semillas en cultivos de alto valor agregado: principalmente vino, frutas y verduras. Es probable que se destinen alrededor de 25.000 drones para 2035, ya que en Europa existen 12 millones de hectáreas de estas tipologías de cultivo. [22]

3.3.2. Energía

Las ventajas del uso de drones para las inspecciones de infraestructuras son la reducción del riesgo para el personal y el medio ambiente, del tiempo de inactividad de las instalaciones y de los costes generales de mantenimiento, ya que hoy en día los equipos tienen que colgarse de cuerdas o construir andamios para realizar estas actividades. Por otra parte, las redes eléctricas o las tuberías, tienen que ser inspeccionadas por personal operando helicópteros.

En la industria del petrolífera y el gas, podrá implementarse la inspección remota reduciendo tiempos y mitigando riesgos en lugares complejos y de difícil acceso como plataformas y buques de petrolíferos y de gas, turbinas eólicas, centrales de paneles solares y las presas hidráulicas. Se estima que hará más de 10.000 de estas centrales de producción energética para 2035 aumentando así la demanda.

Como apartado de innovación, se encuentra en fase de estudio el uso de drones específicos atados por cables de alta tensión capaces de aprovechar las corrientes a alta altura con un potencial de generar entorno a 600 teravatios hora (TWh) anuales para 2035, destacando que estos drones serán más eficientes que las turbinas eólicas actuales. [25]

3.3.3. Seguridad

Los drones permiten ofrecer respuesta rápida ante situaciones de emergencia por lo que formarán parte sin ninguna duda del equipamiento de los cuerpos y fuerzas del estado a corto plazo.

Se prevé una demanda de más de 150.000 drones de pequeño tamaño que serán usados por policía y bomberos a nivel europeo, aproximadamente 1 dron por cada 2 camiones de bomberos o por cada 4 vehículos policiales. [24]

Además, jugarán un papel clave en la gestión del ámbito rural evitando asaltos a explotaciones agrícolas y detectando movimientos sospechosos si existe fuegos intencionados.

A nivel europeo, se estima que en ámbito de seguridad militar se empleen cientos de drones para cubrir los más de 100.000 kilómetros de fronteras de la unión, con dos vuelos diarios sobre fronteras no Schengen, unos 15.000 kilómetros, y vuelos diarios para vigilancia y protección de líneas de costa, 70.000 kilómetros.

3.3.4. Comercio electrónico y servicios de entrega de mercancías

Se espera que los drones permitan oportunidades de entrega más rápida y personalizada, aumenten el acceso de las comunidades en lugares remotos y descongestionen el tráfico en carretera. Un análisis más detallado de los aspectos económicos de la entrega actual fomenta la opinión de que no es probable que las entregas estándar actuales se vean afectadas y que se aplicarán principalmente para servicios premium de entrega que serían viables siempre y cuando las capacidades de vuelo automático lleguen de manera masiva a la tecnología de drones pudiendo ser controladas por un único operador: a plena capacidad, los drones podrían completar entre 5 000 y 9 000 paquetes premium anuales.

Actualmente, cerca del 10 % de los más de 7.000 millones de paquetes anuales entregados en el mismo día a consumidores en la Unión Europea presenta un volumen aceptable para poder ser cubierto por drones con vuelo automático ya que, alrededor del 60 %, pesan menos de 2,5 kg y son lo suficientemente ligeros como para cargarlos en un dron. Se espera que los drones proporcionen ventaja competitiva en áreas urbanas y suburbanas con alta densidad poblacional densas. Actualmente la expectativa generada es de alrededor de 70 000 drones para entregar casi 200 millones de paquetes de bienes para 2035. [5]

3.3.5. Movilidad y transporte

La tecnología aeronáutica actual y en desarrollo ya ha alcanzado altos niveles de automatización en aviones comerciales de pasajeros. Sin embargo, a pesar de que la mayor parte de los vuelos de pasajeros actuales son pilotados de manera autónoma, el apoyo de la sociedad en general a las operaciones sin piloto a bordo requerirá una evolución significativa de la tecnología, la regulación y, sobre todo, la aceptación de los pasajeros. Para ello, primero la sociedad tendrá que aceptar la existencia de coches sin conductor y una vez normalizado, proceder a la aceptación de la existencia de aeronaves sin conductor que piloten de manera autónoma.

3.3.6. Demanda en sectores en crecimiento

Muchos otros sectores se beneficiarán de las futuras capacidades de los drones. Dos sectores clave que están influyendo en el crecimiento actual son los medios de comunicación y el sector de la minería y construcción.

Entre el cine y los canales de entretenimiento, deportes y noticias generales/regionales que forman parte de unos 11.000 canales europeos, el número de drones podría alcanzar los 30.000 (en su mayoría pequeños drones multicópteros utilizados cerca o por debajo de las restricciones de altitud actuales de unos 150 metros operando en VLOS).

En el sector de la minería y la construcción, los drones se utilizan sobre todo para la topografía civil. A corto plazo, es probable que la minería impulse un crecimiento significativo, con 7.000 drones previstos en unas 20.000 canteras en toda Europa. [23]

Otros sectores importantes son el de los seguros y el sector inmobiliario, donde los drones podrán realizar inspecciones de propiedades o tomas de imágenes, el de las telecomunicaciones, para realizar inspecciones de torres de telefonía móvil de forma más segura y eficiente, y el ámbito académico, donde los drones permitirán nuevos métodos de investigación y enseñanza.

3.4. Impacto económico

3.4.1. Beneficios y economía de la tecnología dron e implicaciones en el mercado laboral

Las ventajas de eficiencia, coste y seguridad que aportan los drones a las empresas y a las autoridades gubernamentales impulsarán inevitablemente el crecimiento del mercado, dando lugar a nuevas oportunidades de empleo y a un impacto positivo en la economía europea.

Tras analizar el impacto económico de toda la cadena de valor en cada una de las diferentes áreas de demanda de la tecnología dron se estima que se superen los 10.000 millones de euros anuales en 2035 y que se siga creciendo hasta superar los 15.000 millones de euros anuales en 2050, a medida que la aviación no tripulada impulsa el mercado. Además, se espera que el ocio y defensa continúen siendo los más relevantes en los próximos años, aunque a largo plazo se espera que el sector comercial y gubernamental sea el que más contribuya a la valoración del mercado, 2050.

La expansión del mercado entorno a la tecnología dron supondrá la creación de nuevos puestos de trabajo en todos los Estados miembros de la Unión Europea, ya que cada uno de ellos necesitará operaciones localizadas, pilotos, contratistas de mantenimiento y aseguradoras entre otras ocupaciones específicas. En resumen, se calcula que más de 100.000 puestos de trabajo están en juego con un mercado tan importante, basándose en los datos de puestos de trabajo por volumen de negocio de la OCDE. [38]

Además de lo expuesto con anterioridad, existen factores macroeconómicos y sociales indirectas derivados de la implantación de una industria entorno a la tecnología dron. Entre ellas se encuentran el impacto en la mejora de los cultivos gracias a la eficiencia en la aplicación de productos químicos ligados a la agricultura de precisión, desarrolladores de software que crean aplicaciones para drones, nuevas actividades como “carreras y competiciones de drones” relacionadas con el uso recreativo y el desarrollo de tecnología contra drones que permiten consolidar una capa de seguridad adicional alrededor de infraestructuras claves para su protección.

La OCDE afirma que el auge de industrias adyacentes, como la de “informática y actividades conexas”, la de “maquinaria y aparatos eléctricos” y la de “vehículos de motor”, presentan factores multiplicadores macroeconómicos que oscilan entre 1,9 y 3,0 lo que se traduce en que el impacto total (directo e indirecto) de la industria de los drones podría oscilar entre 25.000 y 45.000 millones de euros en 2050, suponiendo un aumento de entre 250.000 y 400.000 empleos. [38]

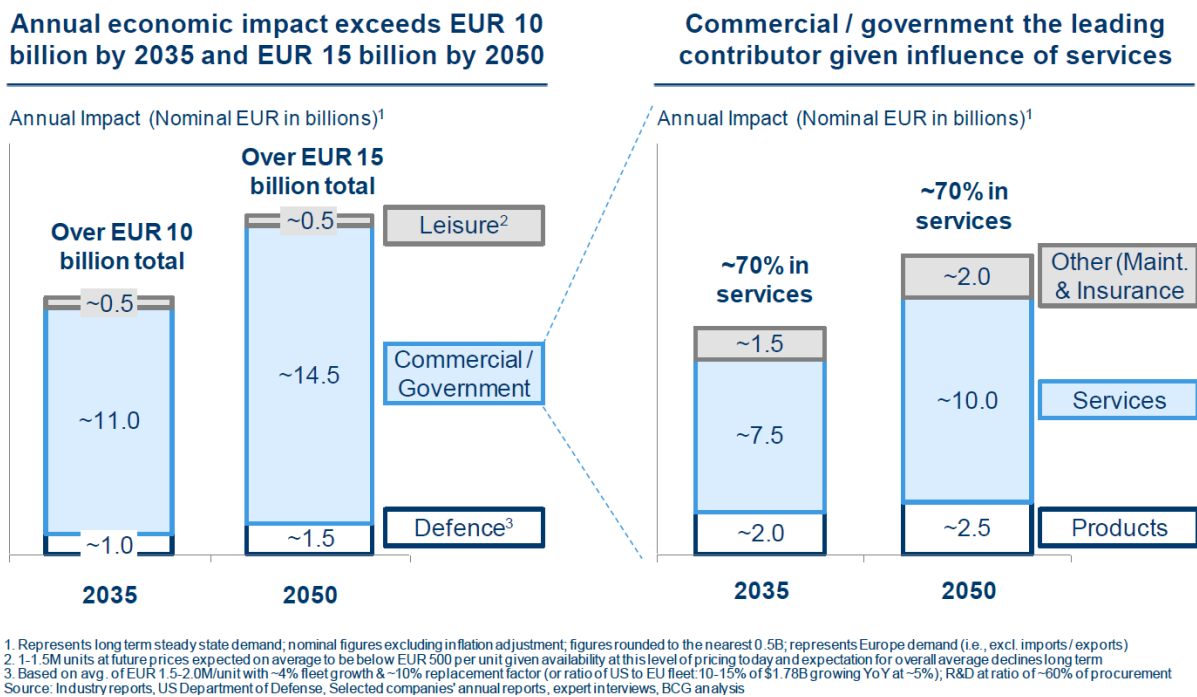


Figura 13: Estimación del impacto económico de la tecnología dron en la Unión Europea. [41]

3.4.2. Implicaciones en el comercio global

Sin embargo, si Europa logra establecer con éxito su posición en el mercado mundial, no sólo es posible que la mayoría del “valor en juego” permanezca en Europa, sino que el potencial de exportación incremental puede aumentar aún más los beneficios de un mercado de drones para los ciudadanos europeos.

El valor en la fabricación y en algunas áreas del diseño es menos probable que sigan siendo totalmente europeos, dadas las ventajas comparables de la producción en mercados como China, que también están invirtiendo en la industria.

Sin embargo, la importancia de los servicios también sugiere que el enfoque de Europa en la producción de hardware de alta gama en torno a las capacidades de vuelo automático, incluida la inteligencia artificial, están bien situados para capturar valor, ya que estas áreas de enfoque serán las plataformas conectadas a capacidades de procesamiento de datos.

La complejidad del procesamiento y análisis de datos y la estrecha conexión que deben tener para cada industria también significa que los servicios de valor agregado son una oportunidad para los actores locales.

4. Proyecto SESAR

4.1. Definición del proyecto SESAR

El proyecto *Sigle European Sky ATM Research* (SESAR de sus siglas en inglés) fué concebido en el año 2004 en el marco del desarrollo del proyecto de “Cielo Único Europeo *Sigle European Sky (SES)*”. El proyecto SESAR se basa en el pilar tecnológico para desarrollar un sistema de gestión eficiente y más automatizado de manera unánime dentro de la Unión Europea.

La clave del proyecto SESAR es que impulsa el espíritu de colaboración al afirmar que la gestión del tráfico aéreo es una tarea bastante compleja que no puede ser llevada a cabo por una única organización. SESAR está formado por 19 miembros dentro de la Unión Europea. Varios de los miembros están formados por consorcios y a su vez por subcontratistas y afiliados, teniendo un alcance de más de 100 organizaciones que trabajan al unísono para el desarrollo de la gestión del tráfico aéreo europeo.

4.2. SESAR *Master Plan*

El objetivo principal del Plan Maestro del proyecto SESAR es la obtención de una “aviación o alto rendimiento en la aviación en Europa en el año 2035”. En el informe *Flightpath 2050* [10] se afirma que la aviación europea será líder en servicios de aviación sostenible. La clave está ofrecer servicios de navegación aérea que permitan que una aeronave pueda tomar trayectorias eficientes sin que se presenten limitaciones en el espacio aéreo, unificando la gestión del tráfico aéreo entre niveles y fronteras dentro del espacio aéreo de los países miembros de la Unión Europea. Para lograr el objetivo es clave que se vayan actualizando la forma de despliegue de las soluciones además de posibles cambios y alternativas que se deban tomar de manera ágil. [42]

En la Figura 14 se resumen los objetivos a nivel de eficiencias y en la Figura 15 se detallan los objetivos y requerimientos a alcanzar para lograr la implementación del proyecto SESAR.



Figura 14: Eficiencias proyecto SESAR. [42]



Figura 15: Objetivos a nivel de prestaciones SESAR. [42]

5. U-space

5.1. Concepto e introducción

Ante el avance y desarrollo de la tecnología con drones el proyecto CORUS [16] desarrolla el documento que define U-space CONOPs, tomando como base las categorías operacionales y de servicio propuestas por la EASA [19]. Se define U-space como la estructura y arquitectura del espacio aéreo en el marco de un conjunto de servicios que garantizan su seguridad y eficiencia de las operaciones con drones. En este apartado del proyecto se detallarán los factores claves recogidos en el documento CONOPs.

El proyecto Blueprint [43] describe la proyección en la implementación de U-space. El despliegue progresivo de U-space se encuentra ligado a la creciente disponibilidad de servicios y tecnologías de apoyo. Con el tiempo, los servicios U-space evolucionarán a medida que aumente el nivel de automatización de los UAS/drones y las formas avanzadas de interacción con el entorno (incluyendo aeronaves tripuladas y no tripuladas), principalmente a través del intercambio de datos.

- **U1:** Servicios básicos de U-space proporcionan registro electrónico, identificación electrónica y geovallado.
- **U2:** Servicios iniciales de U-space que apoyan la gestión de las operaciones con drones y pueden incluir la planificación de vuelos, la aprobación de vuelos, el seguimiento, la información dinámica del espacio aéreo y las interfaces de procedimiento con el control del tráfico aéreo.
- **U3:** Servicios avanzados de U-space que apoyan operaciones más complejas en zonas densas y pueden incluir la gestión de la capacidad y la asistencia para la detección de conflictos. De hecho, la disponibilidad de funcionalidades automatizadas de “Detect and Avoid” [DAA], además de medios de comunicación más fiables, dará lugar a un aumento significativo de las operaciones en todos los entornos.

- **U4:** Servicios completos de U-space, particularmente servicios que ofrecen interfaces integradas con la aviación tripulada, apoyan toda la capacidad operativa de U-space y se basarán en un nivel muy alto de automatización, conectividad y digitalización tanto para el dron como para el sistema U-space.

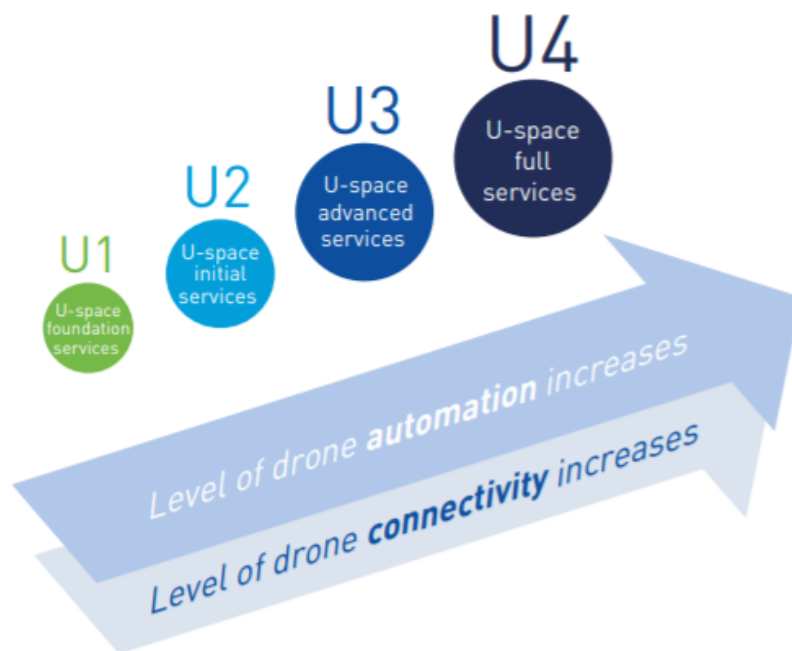


Figura 16: Desarrollo U-space. [43]

5.2. European Aviation Safety Agency

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA, sus siglas en inglés) es la Agencia Europea encargada de la estrategia de seguridad aérea en el territorio europeo.

5.2.1. Clasificación de los UAV's

La clasificación de los UAV's según la EASA viene recogida en el Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947 en vigor desde el 24 de mayo de 2019 [13], concretamente en el anexo

parte A. Esta clasificación se toma en base a diferentes aspectos técnicos que pueden presentar las aeronaves y van de la mano con la finalidad de mitigar riesgos.

Para presentar los requerimientos de manera más clara y accesible se ha decidido separar por categorías la normativa referente a cada clase. Estas categorías son:

- Peso, dimensiones, velocidad, altura de vuelo.
- Control, diseño, potencia y batería.
- Emisión de sonidos, número de serie e iluminación.
- Identificación remota.
- Geo-consciencia.
- Intervención de sistemas y *Follow-Me*.
- Comportamiento ante fallo de conexión.
- Manual de usuario y contenido en la caja.

A continuación se detallarán los requerimientos por clase:

5.2.1.1. Clase C0

Peso, dimensiones, velocidad, altura de vuelo.

- Masa máxima en despegue de no más de 250 gramos.
- No existe un requisito de tamaño máximo para esta clase, si bien es cierto que dado el límite de peso, el tamaño máximo estaría bastante limitado.
- Velocidad máxima permitida de 19 metros por segundo.

- La altura máxima permitida es de 120 metros por encima del punto de despegue.

Control, diseño, potencia y batería.

- El UAS/dron deberá ser controlable de manera segura en estabilidad, maniobrabilidad y rendimiento de la conexión de datos siguiendo las instrucciones del fabricante, garantizando la operatividad de la aeronave en caso de fallo de alguno de los sistemas.
- El UAS/dron presentará un diseño que minimice el riesgo de lesión en caso de impacto, minimizando el número de bordes cortantes y, si contiene hélices, deberán estar diseñadas de tal forma que minimicen el riesgo de lesión.
- El UAS/dron estará alimentado por una fuente de electricidad (nominal, accesible, interna) inferior a 24 voltios en continua o su equivalente en alterna. Internamente el UAS/dron podrá operar con un mayor voltaje siempre y cuando no presente riesgo de daño por electrocución.
- En esta clase, no hay requerimientos para alertas de batería baja. Esto no implica que no puedan incluirlas.
- Si el UAS/dron se vende como juguete (según la regulación 2009/48/EC) [11] no tendría que cumplir con los requerimientos citados anteriormente.

Emisión de sonidos, número de serie e iluminación.

- No hay requerimientos para esta clase en materia de emisión de sonidos, número de serie e iluminación.

Identificación remota

- No hay requerimientos para esta clase en materia de identificación remota.

Geo-consciencia

- No hay requerimientos para esta clase en materia de geo-consciencia.

Intervención de sistemas y *Follow-Me*.

- No hay requerimientos para esta clase en materia de intervención de sistemas y *Follow-me*.

Comportamiento ante fallo de conexión.

- No hay requerimientos para esta clase en materia de comportamiento ante fallo de conexión.

Manual de usuario y contenido en la caja.

El manual de usuario presente tras la adquisición del UAS/dron debe contener:

- Clase.
- Masa (con configuración de referencia) y MTOM.
- Carga de pago permitida (masa, dimensiones y restricciones)
- Comportamiento en caso de pérdida de conexión.
- Instrucciones claras sobre la operatividad.
- Limitaciones (incluyendo condiciones meteorológicas, día/noche)
- Riesgos relacionados con las operaciones con UAS/drones adaptadas a la edad del usuario.
- La caja debe contener una nota informativa emitida por la EASA detallando la legislación aplicable al UAS/dron.

5.2.1.2. Clase C1

Peso, dimensiones, velocidad, altura de vuelo.

- Masa máxima en despegue de no más de 900 gramos, excepto si se demuestra que el UAS/dron no transfiere más de 80J de energía cuando colisiona con una cabeza humana a velocidad terminal.
- No existe un requisito de tamaño máximo para esta clase.
- Velocidad máxima permitida de 19 metros por segundo.
- La altura máxima permitida es de 120 metros por encima del punto de despegue o seleccionada por el usuario en relación al punto de despegue o la superficie de la tierra. En este caso, el dato de altura deberá ser visible para el operador.

Control, diseño, potencia y batería.

- El UAS/dron deberá ser controlable de manera segura en estabilidad, maniobrabilidad y rendimiento de la conexión de datos siguiendo las instrucciones del fabricante, garantizando la operatividad de la aeronave en caso de fallo de alguno de los sistemas.
- El UAS/dron presentará un diseño que minimice el riesgo de lesión en caso de impacto, minimizando el número de bordes cortantes y, si contiene hélices, deberán estar diseñadas de tal forma que minimicen el riesgo de lesión.
- El UAS/dron deberá poseer resistencia mecánica (incluyendo el Factor de Seguridad) para soportar cargas sin rotura o deformación del fuselaje que pueda interferir en la seguridad del vuelo.
- El UAS/dron estará alimentado por una fuente de electricidad (nominal, accesible, interna) inferior a 24 voltios en continua o su equivalente en alterna. Internamente el UAS/dron podrá operar con un mayor voltaje siempre y cuando no presente riesgo de daño por electrocución.

- El UAS/dron deberá poseer un sistema de alerta al operador cuando la batería destinada al control del vehículo sea baja, otorgando tiempo suficiente para aterrizar.

Emisión de sonidos, número de serie e iluminación.

- En el caso de que el UAS/dron no sea de ala fija, deberá incorporar una fuente de sonido limitada según la parte 15 del Reglamento de Ejecución de la Unión Europea [13]. Además deberá incorporar un indicador de nivel de sonido (como se indica en la parte 15 del Reglamento Regulado de la Unión Europea) [13]
- El UAS/dron deberá poseer un número de serie, según la regulación ANSI/CTA-2063 en materia de números de series para UAS de pequeño tamaño [4].
- Las luces deberán ser colocadas de tal forma que permita distinguir de manera clara y precisa en la noche que se trata de un UAS/dron en operación. A partir del 1 de Julio del año 2022, se deberá activar de manera obligatoria una luz verde que indique que el UAS/dron se encuentra en fase de vuelo.

Identificación remota

- El UAS/dron deberá incorporar un sistema de identificación remota que permita incluir el número de registro del operador.
- El sistema de identificación remota deberá funcionar en tiempo real con un sistema de emisión de información periódica (empleando un protocolo documentado y abierto que pueda ser recibido por sistemas radiofónicos en el rango establecido. El mensaje emitido deberá incluir:
 - Número de registro del operador.
 - Número de serie ANSI/CTA-2063. [4]
 - Posición geográfica y la altura respecto del punto de despegue.
 - Curso y velocidad respecto del suelo.

- Posición geográfica del piloto o, si no es posible, la posición del punto de despegue.
- Además, deberá incluir un sistema que impida que la información pueda ser modificada manualmente por el operador.

Geo-consciencia

El UAS/dron deberá incluir un sistema de geo-consciencia equipado con:

- Una interfaz que permita la carga y actualización de las limitaciones del espacio aéreo y altura máxima permitida según la zona de vuelo. El proceso de carga y actualización de datos no debe degradar la integridad de datos ni su validez.
- Alertas al operador cuando se produzca una posible intrusión.
- Información al operador del estado de del sistema, además de un sistema de integridad que permita avisar si se produce un fallo.

Intervención de sistemas y *Follow-Me*.

- Cualquier función que limite el acceso a un espacio aéreo restringido deberá interaccionar de manera suave con el UAS/dron sin que afecte a la seguridad del vuelo y debe ofrecer información clara al operador en el caso de que esto ocurra.
- El modo *Follow-Me* no debe exceder los 50 metros y debe permitir al operador retomar el control.

Comportamiento ante fallo de conexión.

- El UAS/dron deberá poseer un sistema predecible que permita a la aeronave recuperar la conexión o terminar el vuelo de modo que no interfiera en terceras partes.

Manual de usuario y contenido en la caja.

El manual de usuario presente tras la adquisición del UAS/dron debe contener:

- Clase.
- Masa (con configuración de referencia) y MTOM.
- Carga de pago permitida (masa, dimensiones y restricciones)
- Equipamiento y S/W para controlar el UAS/dron de manera remota.
- Comportamiento en caso de pérdida de conexión.
- Instrucciones claras sobre la operatividad.
- Limitaciones (incluyendo condiciones meteorológicas, día/noche)
- Riesgos relacionados con las operaciones con UAS/drones adaptadas a la edad del usuario.
- Protocolo de transmisión de identificación remota.
- Potencia de sonido.
- Procedimiento para carga de información sobre la limitación del espacio aéreo.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Procedimientos estándar para resolución de problemas.
- La caja debe contener una nota informativa emitida por la EASA detallando la legislación aplicable al UAS/dron.

5.2.1.3. Clase C2

Peso, dimensiones, velocidad, altura de vuelo.

- Masa máxima en despegue de no más de 4 kilogramos.
- No existe un requisito de tamaño máximo para esta clase.
- No hay velocidad máxima permitida.
- La altura máxima permitida es de 120 metros por encima del punto de despegue o seleccionada por el usuario en relación al punto de despegue o la superficie de la tierra. En este caso, el dato de altura deberá ser visible para el operador.

Control, diseño, potencia y batería.

- El UAS/dron deberá ser controlable de manera segura en estabilidad, maniobrabilidad y rendimiento de la conexión de datos siguiendo las instrucciones del fabricante, garantizando la operatividad de la aeronave en caso de fallo de alguno de los sistemas.
- El UAS/dron presentará un diseño que minimice el riesgo de lesión en caso de impacto, minimizando el número de bordes cortantes y, si contiene hélices, deberán estar diseñadas de tal forma que minimicen el riesgo de lesión.
- El UAS/dron deberá poseer resistencia mecánica (incluyendo el Factor de Seguridad) para soportar cargas sin rotura o deformación del fuselaje que pueda interferir en la seguridad del vuelo.
- Si el vehículo se encuentra atado, la longitud de tracción debe ser inferior a 50 metros y debe poseer una resistencia mecánica no inferior a 10 veces el peso del UAS/dron con la configuración de masa máxima o 4 veces la fuerza ejercida por el empuje máximo y la fuerza aerodinámica de la velocidad máxima permitida del viento.

- El UAS/dron estará alimentado por una fuente de electricidad (nominal, accesible, interna) inferior a 48 voltios en continua o su equivalente en alterna. Internamente el UAS/dron podrá operar con un mayor voltaje siempre y cuando no presente riesgo de daño por electrocución.
- El UAS/dron deberá poseer un sistema de alerta al operador cuando la batería destinada al control del vehículo sea baja, otorgando tiempo suficiente para aterrizar.

Emisión de sonidos, número de serie e iluminación.

- En el caso de que el UAS/dron no sea de ala fija, deberá incorporar una fuente de sonido limitada según la parte 15 del Reglamento Regulado de la Unión Europea. Además deberá incorporar un indicador de nivel de sonido (como se indica en la parte 15 del Reglamento Regulado de la Unión Europea)
- El UAS/dron deberá poseer un número de serie, según la regulación ANSI/CTA-2063 en materia de números de series para UAS de pequeño tamaño [4].
- Las luces deberán ser colocadas de tal forma que permita distinguir de manera clara y precisa en la noche que se trata de un UAS/dron en operación. A partir del 1 de Julio del año 2022, se deberá activar de manera obligatoria una luz verde que indique que el UAS/dron se encuentra en fase de vuelo.

Identificación remota

- El UAS/dron deberá incorporar un sistema de identificación remota que permita incluir el número de registro del operador.
- El sistema de identificación remota deberá funcionar en tiempo real con un sistema de emisión de información periódica (empleando un protocolo documentado y abierto que pueda ser recibido por sistemas radiofónicos en el rango establecido. El mensaje emitido deberá incluir:

- Número de registro del operador.
 - Número de serie ANSI/CTA-2063. [4]
 - Posición geográfica y la altura respecto del punto de despegue.
 - Curso y velocidad respecto del suelo.
 - Posición geográfica del piloto o, si no es posible, la posición del punto de despegue.
 - Además, deberá incluir un sistema que impida que la información pueda ser modificada manualmente por el operador.
- No hay requerimientos de identificación remota en el caso de que el UAS/dron se encuentre atado.

Geo-consciencia

El UAS/dron deberá incluir un sistema de geo-consciencia equipado con:

- Una interfaz que permita la carga y actualización de las limitaciones del espacio aéreo y altura máxima permitida según la zona de vuelo. El proceso de carga y actualización de datos no debe degradar la integridad de datos ni su validez.
- Alertas al operador cuando se produzca una posible intrusión.
- Información al operador del estado de del sistema, además de un sistema de integridad que permita avisar si se produce un fallo.

Intervención de sistemas y *Follow-Me*.

- Cualquier función que limite el acceso a un espacio aéreo restringido deberá interaccionar de manera suave con el UAS/dron sin que afecte a la seguridad del vuelo y debe ofrecer información clara al operador en el caso de que esto ocurra.
- El modo *Follow-Me* no debe exceder los 50 metros y debe permitir al operador retomar el control.

Comportamiento ante fallo de conexión.

- El UAS/dron deberá poseer un sistema predecible que permita a la aeronave recuperar la conexión o terminar el vuelo de modo que no interfiera en terceras partes.

Manual de usuario y contenido en la caja.

El manual de usuario presente tras la adquisición del UAS/dron debe contener:

- Clase.
- Masa (con configuración de referencia) y MTOM.
- Carga de pago permitida (masa, dimensiones y restricciones)
- Equipamiento y S/W para controlar el UAS/dron de manera remota.
- Comportamiento en caso de pérdida de conexión.
- Instrucciones claras sobre la operatividad.
- Limitaciones (incluyendo condiciones meteorológicas, día/noche)
- Riesgos relacionados con las operaciones con UAS/drones adaptadas a la edad del usuario.
- Protocolo de transmisión de identificación remota.
- Potencia de sonido.
- Procedimiento para carga de información sobre la limitación del espacio aéreo.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Procedimientos estándar para resolución de problemas.
- La caja debe contener una nota informativa emitida por la EASA detallando la legislación aplicable al UAS/dron.

5.2.1.4. Clase C3

Peso, dimensiones, velocidad, altura de vuelo.

- Masa máxima en despegue de no más de 25 kilogramos.
- El tamaño máximo especificado es de 3 metros.
- No hay velocidad máxima permitida.
- La altura máxima permitida es de 120 metros por encima del punto de despegue o seleccionada por el usuario en relación al punto de despegue o la superficie de la tierra. En este caso, el dato de altura deberá ser visible para el operador.

Control, diseño, potencia y batería.

- El UAS/dron deberá ser controlable de manera segura en estabilidad, maniobrabilidad y rendimiento de la conexión de datos siguiendo las instrucciones del fabricante, garantizando la operatividad de la aeronave en caso de fallo de alguno de los sistemas.
- El UAS/dron presentará un diseño que minimice el riesgo de lesión en caso de impacto, minimizando el número de bordes cortantes y, si contiene hélices, deberán estar diseñadas de tal forma que minimicen el riesgo de lesión.
- El UAS/dron deberá poseer resistencia mecánica (incluyendo el Factor de Seguridad) para soportar cargas sin rotura o deformación del fuselaje que pueda interferir en la seguridad del vuelo.
- Si el vehículo se encuentra atado, la longitud de tracción debe ser inferior a 50 metros y debe poseer una resistencia mecánica no inferior a 10 veces el peso del UAS/dron con la configuración de masa máxima o 4 veces la fuerza ejercida por el empuje máximo y la fuerza aerodinámica de la velocidad máxima permitida del viento.

- El UAS/dron estará alimentado por una fuente de electricidad (nominal, accesible, interna) inferior a 48 voltios en continua o su equivalente en alterna. Internamente el UAS/dron podrá operar con un mayor voltaje siempre y cuando no presente riesgo de daño por electrocución.
- El UAS/dron deberá poseer un sistema de alerta al operador cuando la batería destinada al control del vehículo sea baja, otorgando tiempo suficiente para aterrizar.

Emisión de sonidos, número de serie e iluminación.

- En el caso de que el UAS/dron no sea de ala fija, deberá incorporar una fuente de sonido limitada según la parte 15 del Reglamento de Ejecución de la Unión Europea [13]. Además deberá incorporar un indicador de nivel de sonido (como se indica en la parte 15 del Reglamento Regulado de la Unión Europea)
- El UAS/dron deberá poseer un número de serie, según la regulación ANSI/CTA-2063 en materia de números de series para UAS de pequeño tamaño [4].
- Las luces deberán ser colocadas de tal forma que permita distinguir de manera clara y precisa en la noche que se se trata de un UAS/dron en operación. A partir del 1 de Julio del año 2022, se deberá activar de manera obligatoria una luz verde que indique que el UAS/dron se encuentra en fase de vuelo.

Identificación remota

- El UAS/dron deberá incorporar un sistema de identificación remota que permita incluir el número de registro del operador.
- El sistema de identificación remota deberá funcionar en tiempo real con un sistema de emisión de información periódica (empleando un protocolo documentado y abierto que pueda ser recibido por sistemas radiofónicos en el rango establecido. El mensaje emitido deberá incluir:

- Número de registro del operador.
 - Número de serie ANSI/CTA-2063 [4].
 - Posición geográfica y la altura respecto del punto de despegue.
 - Curso y velocidad respecto del suelo.
 - Posición geográfica del piloto o, si no es posible, la posición del punto de despegue.
 - Además, deberá incluir un sistema que impida que la información pueda ser modificada manualmente por el operador.
- No hay requerimientos de identificación remota en el caso de que el UAS/dron se encuentre atado.

Geo-consciencia

El UAS/dron deberá incluir un sistema de geo-consciencia equipado con:

- Una interfaz que permita la carga y actualización de las limitaciones del espacio aéreo y altura máxima permitida según la zona de vuelo. El proceso de carga y actualización de datos no debe degradar la integridad de datos ni su validez.
- Alertas al operador cuando se produzca una posible intrusión.
- Información al operador del estado de del sistema, además de un sistema de integridad que permita avisar si se produce un fallo.

Intervención de sistemas y *Follow-Me*.

- Cualquier función que limite el acceso a un espacio aéreo restringido deberá interaccionar de manera suave con el UAS/dron sin que afecte a la seguridad del vuelo y debe ofrecer información clara al operador en el caso de que esto ocurra.
- El modo *Follow-Me* no debe exceder los 50 metros y debe permitir al operador retomar el control.

Comportamiento ante fallo de conexión.

- El UAS/dron deberá poseer un sistema predecible que permita a la aeronave recuperar la conexión o terminar el vuelo de modo que no interfiera en terceras partes.

Manual de usuario y contenido en la caja.

El manual de usuario presente tras la adquisición del UAS/dron debe contener:

- Clase.
- Masa (con configuración de referencia) y MTOM.
- Carga de pago permitida (masa, dimensiones y restricciones)
- Equipamiento y S/W para controlar el UAS/dron de manera remota.
- Comportamiento en caso de pérdida de conexión.
- Instrucciones claras sobre la operatividad.
- Limitaciones (incluyendo condiciones meteorológicas, día/noche)
- Riesgos relacionados con las operaciones con UAS/drones adaptadas a la edad del usuario.
- Protocolo de transmisión de identificación remota.
- Potencia de sonido.
- Procedimiento para carga de información sobre la limitación del espacio aéreo.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Procedimientos estándar para resolución de problemas.
- La caja debe contener una nota informativa emitida por la EASA detallando la legislación aplicable al UAS/dron.

5.2.1.5. Clase C4

Peso, dimensiones, velocidad, altura de vuelo.

- Masa máxima en despegue de no más de 25 kilogramos.
- No hay limitaciones en tamaño.
- No hay velocidad máxima permitida.
- No hay limitaciones en la altura máxima de vuelo.

Control, diseño, potencia y batería.

- El UAS/dron deberá ser controlable de manera segura en estabilidad, maniobrabilidad y rendimiento de la conexión de datos siguiendo las instrucciones del fabricante, garantizando la operatividad de la aeronave en caso de fallo de alguno de los sistemas.
- No hay requerimientos de diseño, potencia y sistemas de alerta de batería baja.

Emisión de sonidos, número de serie e iluminación.

- No hay requerimientos en la emisión de sonidos, número de serie e iluminación

Identificación remota

- No hay requerimientos para la identificación remota.

Geo-consciencia

- No hay requerimientos para el sistema de geo-consciencia.

Intervención de sistemas y *Follow-Me*.

- No debe existir un sistema de intervención o *Follow-Me*, además el UAS/dron no deberá poseer ningún sistema de control automático exceptuando la estabilización del vuelo sin intervención en la trayectoria.

Comportamiento ante fallo de conexión.

- No hay requerimientos para el comportamiento ante fallos de conexión.

Manual de usuario y contenido en la caja.

El manual de usuario presente tras la adquisición del UAS/dron debe contener:

- Clase.
- Masa (con configuración de referencia) y MTOM.
- Carga de pago permitida (masa, dimensiones y restricciones)
- Equipamiento y S/W para controlar el UAS/dron de manera remota.
- Comportamiento en caso de pérdida de conexión.
- Instrucciones claras sobre la operatividad.
- Limitaciones (incluyendo condiciones meteorológicas, día/noche)
- Riesgos relacionados con las operaciones con UAS/drones adaptadas a la edad del usuario.
- Procedimiento para carga de información sobre la limitación del espacio aéreo.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Procedimientos estándar para resolución de problemas.
- La caja debe contener una nota informativa emitida por la EASA detallando la legislación aplicable al UAS/dron.

5.2.1.6. Clase C5

La clase C5 es una nueva identificación de clase propuesta por la EASA. A continuación se resumirá los puntos a destacar dentro de esta clase:

- Los UAS/drones incluidos en esta clase será utilizados para operaciones en categoría específica dentro del escenario estándar 1 (STS-01), referido a las operaciones VLOS en zona terrestre controlada dentro de un entorno urbano.
- Presenta las mismas restricciones que la clase C4 excepto que debe incorporar un sistema de velocidad baja que limite la velocidad a un máximo de 5 metros por segundo, dispone de un sistema de control con enlace C2 y además, el kit de accesorios no debe incluir cambios de software respecto de la clase C3.

5.2.1.7. Clase C6

La clase C6 es una nueva identificación de clase propuesta por la EASA. A continuación se resumirá los puntos a destacar dentro de esta clase:

- Los UAS/drones incluidos en esta clase será utilizados para operaciones en categoría específica dentro del escenario estándar 2 (STS-02), referido a las operaciones VLOS en zona terrestre controlada dentro de un entorno escasamente poblado.
- Presenta las mismas restricciones que la clase C5 excepto que deben presentar una limitación de velocidad máxima de 50 metros por segundo.

5.3. Volúmenes del espacio aéreo VLL

5.3.1. Definición de VLL *Very Low Level*

Se toma como referencia lo establecido según la normativa recogida en CORUS [16] VLL es el espacio aéreo inferior al utilizado por las VFR. En el Anexo 2 de la OACI [35] y en el SERA [14] se establecen las declaraciones sobre la altura mínima para VFR.

El Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947 [13] establece que para Operaciones Abiertas “el UAS/dron durante el vuelo mantiene una altura de 120 metros respecto del punto más cercano a la superficie de la tierra, excepto cuando sobrevuela un obstáculo”. El Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/945 [13] menciona las limitaciones de los vehículos a 120 m por encima del punto de despegue para C0, C1, C2 y C3.

5.3.2. Volúmenes X, Y, Z

En la normativa CORUS [16] se detalla como el espacio U-space se divide en tres volúmenes diferentes X, Y y Z, en función de la operatividad de los UAV/drones. El motivo de la creación de tres volúmenes diferentes es realizar una separación según:

- Número de vuelos esperados.
- Riesgo de la operación respecto del suelo (si se trata o no de una zona poblada)
- Riesgo de la operación respecto del aire (número de vuelos en el espacio aéreo en cuestión, independientemente de que se trate de vuelos tripulados o no)
- Problemas de seguridad u otros factores de aceptación de organismos públicos
- Servicios U-space incluidos para garantizar la seguridad de la operación.

Los volúmenes difieren en dos aspectos básicos:

1. Servicios ofrecidos y tipos de operaciones posibles.
2. Requerimientos de acceso y entrada.

5.3.2.1. Volumen X

El volumen X establece pocos requisitos para el operador, piloto o UAV ya que se ofrecen pocos servicios. En el volumen X, el piloto es responsable de mantener la separación de la aeronave en todo momento y se facilitan los vuelos en VLOS. Además, otras tipologías de operación en el volumen X requerirán de una atención significativa en relación a la mitigación del riesgo aéreo. Por todo ello, los volúmenes X se esperan que se establezcan en regiones con:

- Baja demanda de servicios U-space, al esperar un flujo bajo de nuevos vuelos o estar especializadas en vuelos de categoría abierta.
- Bajo riesgo tanto aéreo como terrestre, principalmente en categoría abierta.
- Según SORA [29], es probable que los volúmenes X sean tratados como “ARC-b” y “Rural”.

5.3.2.2. Volumen Y

Para acceder al volumen Y se requiere de un plan de operaciones aprobado, además, pueden requerir especificaciones técnicas y demostrar que se cumplen como parte del proceso de aprobación del plan de operaciones. Estos requerimientos técnicos suelen incluir:

- Una estación de pilotaje remoto conectada al espacio aéreo (volumen Y)
- Un UAV/dron con capacidad de enviar información sobre su posición en el espacio.

Uno de los factores clave de los volúmenes Y es que facilitan el vuelo VLOS y BVLOS, además poseen mitigaciones de riesgo proporcionadas por U-space que no se encuentran disponibles en los volúmenes X, si bien es cierto que para hacer uso de estos servicios el piloto deberá estar entrenado.

En el volumen Y se establece una resolución de conflictos estratégica, es decir, los conflictos se resuelven antes del despegue. Esto es debido a en el volumen Y no se ofrece servicios de resolución táctica (en vuelo) de conflictos, es por ello por lo que se ofrece un servicio de información del tráfico que implica el rastreo de todas y cada una de las aeronaves que sobrevuelan un volumen Y.

En los volúmenes Y puede existir un requisito de rendimiento mínimo para la notificación y transmisión de la posición del UAV. En algunas zonas, puede que únicamente sea necesario notificar la posición de inicio y final del vuelo.

Se espera que los volúmenes Y sean implantados en zonas en las que el riesgo, terrestre y aéreo, determinado por SORA [29] sea demasiado grande para un volumen X. Puede ser el caso en el que hay un volumen de tráfico aéreo significativo o se realicen operaciones sobre una zona poblada.

Los volúmenes Y pueden crearse en respuesta una demanda significativa de operaciones BVLOS y para limitar el acceso a ciertas zonas del espacio aéreo. En estos casos los volúmenes Y pueden hacer cumplir el requerimiento de poseer un plan de operaciones aprobado, si bien es cierto de si en la zona no se dispone de conexión a internet móvil, puede que no se requiera de una estación de pilotaje conectada a U-space.

5.3.2.3. Volumen Z

Los volúmenes Z engloban operaciones con mayor densidad que las posibles en los volúmenes Y. Se esperan en zonas donde la demanda del espacio aéreo sea mayor o posean un riesgo especial. Sus características principales son:

- Los volúmenes Z requieren de un plan de operaciones aprobado y el piloto debe estar continuamente conectado a U-space.
- La posición de la aeronave debe ser transmitida con rendimiento suficiente para permitir su seguimiento.

Además, los volúmenes Z pueden poseer requisitos técnicos específicos demostrando que cumplen con parte de la aprobación del plan de operaciones. Uno de los factores diferenciadores de los volúmenes Z es que poseen un servicio de resolución de conflictos táctico que puede ser suministrado por U-space (Zu) o controlado por el ATS (Za). Para todas las regiones VLL controladas por ATS, por ejemplo el caso de una región de tráfico controlado o CTR, U-space clasifica los volúmenes como Za. [16]

Por decisión del regulador:

- Zu puede definirse en el Espacio Aéreo No Controlado, en este caso, el servicio de resolución táctica de conflictos proporciona asesoramiento.
- Un volumen Zu puede designarse como Espacio Aéreo Controlado. En este caso el servicio de resolución táctica de conflicto proporciona indicaciones e instrucciones que deben ser seguidas por todos los participantes del espacio.

Para ello es clave que la información aeronáutica de los drones que participen en el volumen Zu deje clara si el espacio aéreo es o no controlado. Por otra parte, los volúmenes Z están diseñados para facilitar el vuelo BVLOS y vuelo autónomo de UAS/drones, además de permitir vuelos VLOS. El volumen Z es el que más mitigación de riesgos presenta y permite mayor densidad de tráfico que los volúmenes X o Y.

5.4. Servicios que ofrece U-space

Para describir de manera simple los servicios que ofrece U-space se muestra la tabla 1 donde se enumeran los servicios U-space se utilizan en los tres volúmenes. Los diferentes estados son:

- **Obligatorio:** El servicio debe proporcionarse en el volumen y debe ser utilizado por cualquier operador de drones que vuele en ese volumen.
- **Ofrecido:** El servicio debe prestarse en el volumen y puede ser utilizado por cualquier operador de drones que vuele en ese volumen.
- **Opcional:** El servicio puede prestarse en el volumen y puede ser utilizado por cualquier operador de drones que vuele en ese volumen.
- **Disponible:** El servicio puede prestarse en el volumen y, cuando se presta, debe ser utilizado por cualquier operador de drones que vuele en ese volumen.
- **No:** No está disponible.

Obsérvese que los servicios sólo son obligatorios cuando están disponibles y se prevé que estén disponibles en las fases U1, U2, U3, U4. Un volumen es totalmente operativo sólo cuando todos los servicios obligatorios están desplegados en la zona.

5.5. Prestaciones de UAV's según volumen

5.5.1. Identificación a distancia

Del mismo modo en el que se establece, dentro del Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947 [13] en referencia a que todas las aeronaves con clase superior a la C0 deben incorporar un sistema de identificación remota, podrá establecerse como requerimiento de entrada para los volúmenes X, Y o Z. La identificación remota puede obtenerse de dos modos:

1. Identificación a distancia directa "*Direct Remote Identification DRID*". Se realiza a través de un dispositivo manual y recibe la señal e identifica al dron o proporciona la información necesaria para extraer la información de U-space.
2. Identificación a distancia de red "*Network Remote Identification NRID*". Permite identificar a cualquier aeronave conectada a U-space conociendo su trayectoria.

Servicio	Volumen X	Volumen Y	Volumen Z
Resgistration	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
E-identification	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Position report submission sub-service	Opcional	Disponible	Obligatorio
Tracking	Opcional	Disponible	Obligatorio
Drone Aeronautical Information	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Geo-awareness	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Geo-fencing provision	Obligatorio	Disponible	Obligatorio
Drone operation plan processing	Opcional	Obligatorio	Obligatorio
Dinamic capacity management	No	Disponible	Obligatorio
Strategic conflict resolution	No	Obligatorio	Obligatorio
Tactical conflict resolution	No	No	Obligatorio
Emergency management	Disponible	Disponible	Obligatorio
Incident / Accident Reporting	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Monitoring	Opcional	Disponible	Obligatorio
Traffic Information	Opcional	Disponible	Ofrecido
Legal recording	Disponible	Disponible	Obligatorio
Digital logbook	Disponible	Disponible	Obligatorio
Weather Information	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Geospatial information service	Opcional	Opcional	Disponible
Electromagnetic interference information	Opcional	Opcional	Disponible
Population density map	Opcional	Opcional	Disponible
Navigation coverage information	Opcional	Opcional	Disponible
Communication coverage information	Opcional	Disponible	Disponible
Procedural interface with ATC	Disponible	Disponible	Obligatorio
Collaborative interface with ATC	Disponible	Disponible	Obligatorio

Tabla 1: Servicios U-space disponibles según volumen. [16]

5.5.2. Geo-conciencia

El Reglamento de Ejecución [13] define la geo-conciencia como un sistema que alerta al piloto de una posible de las limitaciones del espacio aéreo. El mismo reglamento exige esta característica en los drones utilizados en algunas operaciones abiertas. Las operaciones abiertas pueden producirse en volúmenes donde este CONOPs no prevé el seguimiento. De ahí que la geo-conciencia se considere una característica de los propios drones ya que U-space no puede proporcionarla de forma general.

Se espera que la geo-conciencia sea un requisito en todos los volúmenes X, Y y Z.

5.5.3. Geovallado dinámico

La geovalla dinámica es la capacidad del UAS de hacer uso del servicio de provisión de geovallas de U-space. El servicio y la capacidad mantendrán al dron actualizado con la información de geo-cercado, incluso durante el vuelo. Esta característica es recomendada para todos los UAV/drones aunque no es obligatoria. Es posible que las implementaciones

5.5.4. Presentación de informes de posición

El operador de drones deberá permitir el seguimiento asegurando que los informes de la posición de la aeronave lleguen a U-space. La presentación de informes de posición es opcional en X, obligatoria en Z y obligatoria si está disponible en Y.

En cualquier volumen Z, o en un volumen Y donde sea obligatorio, puede haber una normativa técnica mínima para la notificación de posiciones, especificando (por ejemplo) la tasa mínima o la incertidumbre máxima.

Aunque no es obligatorio, se recomienda la presentación de informes de posición en X ya que:

- La futura evaluación del espacio aéreo, por ejemplo la revisión de la categorización, se beneficiará de pruebas de las operaciones en el volumen.
- Otras operaciones pueden beneficiarse de un vuelo en curso.
- Del mismo modo, se fomenta la planificación de las operaciones, pero no se exige en los volúmenes X.

5.5.5. Piloto conectado a U-space

En los volúmenes Y y Z es obligatorio que el piloto remoto sea capaz de recibir mensajes enviados desde o a través del U-space. ya que existen diferentes servicios que dependen de dicha capacidad. En el volumen X, esta conexión es opcional.

5.5.6. Sistemas Detect and Avoid

U3 se define como el inicio de la implantación generalizada de Collaborative Detect and Avoid (DDA). En ese momento, los sistemas DDA será obligatoria en algunos volúmenes Y y Z, en función de la evaluación del espacio aéreo.

5.5.7. Detect and Avoid respecto de la aviación tripulada

La forma en que podría funcionar o aplicarse aún no se ha acordado en el seno de la aviación ni con los fabricantes y operadores de drones. Esta función será un elemento clave para U4. Dependiendo de las decisiones que se tomen en la implantación del U4, puede llegar a ser obligatoria en algunos tipos de espacio aéreo.

6. Operaciones con UAS/drones

6.1. Tipos de Operaciones con drones

A continuación se detallan las diferentes tipologías de operaciones con drones según el documento CORUS [16].

6.1.1. Vuelo pilotado de manera remota

Un vuelo pilotado remotamente es cualquier operación que se encuentre bajo control activo de un piloto humano a distancia. Control activo hace referencia a que el piloto posee el control táctico del UAS/dron y es responsable de que su propia aeronave ejecute un vuelo seguro con distancia suficiente entre otras posibles aeronaves. Existen dos tipos de vuelos pilotados de manera remota:

1. VLOS: vuelos en los que existe una línea de visión directa entre piloto y UAS/dron. Se describe en el Reglamento de Ejecución [13] además de en el Manual de OACI en referencia a sistemas RPAS *Remotely Piloted Aircraft Systems* [37].
2. BVLOS: vuelos en los que no existe una línea de visión directa entre piloto y UAS/dron. Se describe en el Reglamento de Ejecución [13] además de en el Manual de OACI en referencia a sistemas RPAS *Remotely Piloted Aircraft Systems* [37].

Existe una definición adicional en la que encaja la categoría de FPV *First Person View*. Las operaciones de vuelo en primera persona llevan consigo que el piloto observa imágenes enviadas desde una cámara situada en el dron. De acuerdo con el Reglamento de Ejecución [13], FPV se considera VLOS únicamente si una persona adicional se posiciona junto al piloto y mantiene visión directa con la aeronave ya que si el piloto únicamente observa las imágenes transmitidas desde la cámara del dron no tiene capacidad para mantener contacto visual con el vehículo. FPV se considera una variante de BVLOS si no se dispone de dicha persona adicional.

6.1.2. Vuelo automático (AF)

Las operaciones en el marco de un vuelo automático son aquellas en las que no se dispone de un piloto humano encargado de la seguridad del vuelo de la aeronave. En este caso, la función de vuelo automático es implementada de manera automática por una “máquina” o *software*. Existen muchas implicaciones en el diseño, implementación y materia legal en el ámbito de los servicios de U-space proporcionados en este tipo de vuelo, robustez y capacidades de vuelo.

En esta categoría puede existir un piloto humano encargado de la supervisión del estado de vuelo del UAS/dron. Aún están por definir los requisitos y exigencias en esta categoría de vuelo ya que, si el piloto supervisor tiene la capacidad de intervenir en la trayectoria de la aeronave en caso de posible colisión ya no podría considerarse como vuelo automático.

6.1.3. Vuelos en formación

U-space considera que los vuelos en formación y los enjambres son conjuntos de aeronaves que no necesitan estar separados por U-space. Se considera un vuelo en formación como varios vuelos que tienen una relación especial. La relación especial significa que U-space no establece separación entre vuelos ni considerará que han perdido la separación entre ellos.

Esto difiere de la forma en que el documento de la OACI 4444 [36] considera actualmente los vuelos en formación. Los vuelos en formación en U-space pueden ser parte de operaciones de operaciones más complejas con diferentes vuelos que se unen para conseguir una formación determinada y posteriormente se separan.

Un enjambre es considerado por U-space como un objeto único y sólido. La normativa U-space no intentará pasar otro vuelo a través de un enjambre. Cuando se vuela en el volumen Y o Z, un enjambre tendrá un único plan de operaciones incluyendo las dimensiones del enjambre. Los enjambres pueden estar prohibidos en algunos volúmenes además, los enjambres no se menciona en los Reglamentos [13] y [12] como parte de las operaciones abiertas y, por lo tanto, se asume que cualquier enjambre es una operación específica o certificada.

6.2. Categorías Operacionales según la EASA

A continuación se detalla lo referente a la normativa europea y española en base a las operaciones con drones. Esta normativa regula las operaciones en función de diferentes categorías: categoría abierta, categoría específica, categoría certificada, operaciones extranjeras y transfronterizas, zonificación y coordinación de operaciones con drones. Poseer una normativa adecuada es esencial para su cumplimiento. En los próximos años se prevé un aumento del número de operaciones certificadas en el espacio aéreo y es esencial poseer un conocimiento exhaustivo de la normativa, además de dotar de recursos a las autoridades para verificar su cumplimiento y asegurar tanto entornos naturales como zonas de alto riesgos en las que transiten o puedan transitar personas.

El objetivo de este apartado es condensar representar las principales normativas referentes a las operaciones con drones con el fin de analizarlas y registrarlas de primera mano. [1]

6.2.1. Categoría abierta

La categoría operacional abierta hace referencia a las operaciones con UAS de bajo riesgo operacional y que, como se detalla en la normativa europea, no requieren de autorización operacional ni tampoco de una declaración por parte del operador con antelación al vuelo. Tras la transición a la normativa europea, los operadores de tengan su centro de actividad o sean personas físicas dentro del marco normativo europeo deberán registrarse de forma telemática siempre que la aeronave no tripulada:

- Posea una MTOM mayor o igual a 250 gramos o que puedan transmitir una energía superior a 80 julios en caso de un impacto fortuito con una persona.
- Vaya integrada con sensores capaces de detectar datos personales, salvo que se adhiera a la Directiva 2009/48/CE [11], directiva referente a los juguetes.

6.2.1.1. Seguro de responsabilidad civil obligatorio

Tras la entrada de la nueva normativa es necesaria la contratación de un seguro de responsabilidad civil frente a terceros que cubra los posibles daños que se puedan producir derivados de la operación de vuelo del dron y es aplicable tanto a vuelos con fines recreativos como profesionales, siguiendo los artículos 11 y 127 presentes en la Ley de Navegación Aérea.

Los UAS que posean una MTOM igual o superior a 20 kilogramos que realicen actividades profesionales deberán ajustarse a lo establecido en el reglamento 785/2004 [40] y los que posean una masa inferior a 20 kilogramos, tanto para fines recreativos como profesionales, deberán ajustarse a la normativa del Real Decreto 37/2001. [8]

El operador del UAS deberá disponer del seguro adecuado en función de la operación/vuelo realizado sin necesidad de contratar una póliza permanente.

6.2.1.2. Documentación necesaria para operaciones en categoría abierta

- El operador deberá poseer el certificado y/o justificante de registro. Además el número de registro del operador deberá indicarse en todos los vehículos que opere y deben ser visibles una vez el UAS se encuentre en tierra. Podrá mostrarse en el compartimento de baterías y, si debido a limitaciones de tamaño no se permite mostrarlo en dicha zona, el operador deberá colocarlo en una zona exterior visible.
- Para operar el dron el operador deberá contar con el certificado de formación como piloto de drones a distancia en las categorías A1, A2 (si procede) y A3.
- Póliza de seguro de responsabilidad civil.
- Si el operador posee más de un piloto a distancia, deberá contar con procedimientos para coordinar las actividades entre pilotos, manteniendo y estableciendo una lista del personal y las tareas asignadas a cada uno.

6.2.1.3. Drones sin marcado de clase

El artículo 20 del Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947 [13], hace referencia a las peculiaridades y disposiciones particulares referentes al uso de determinados drones en categoría abierta.

Si se han introducido en la Unión Europea previo al 1 de enero de 2023, podrán seguir utilizándose los drones que no sean de fabricación privada que no pertenezcan a las clases C0, C1, C2, C3 o C4, siempre que cumplan con la directiva de comercialización de productos de la Unión Europea 768/2008/CE si la masa máxima de despegue:

- Es inferior a 250 gramos (incluyendo carga útil en subcategoría A1)
- Es inferior a 25 kilogramos (incluyendo carga útil y carburante en subcategoría A3).

6.2.1.4. Operaciones con drones en categoría abierta: Reglamento Delegado 2019/945

El artículo cuarto del Reglamento de Ejecución 2019/947 [13] de la Unión Europea establece que las operaciones con drones en categoría abierta se debe cumplir:

- El UAS/drone es de construcción privada, cumple las condiciones sin marcado de clase mencionadas en el punto anterior, pertenece a una de las clases establecidas en el Reglamento Delegado 2019/945. [12]
- Posee una MTOM menor a 25 kilogramos.
- No sobrevuela concentraciones de personas y mantiene una distancia segura (horizonta)
- El dron se mantiene dentro de la línea de visión del piloto, excepto si la aeronave vuela en modo Follow-me o exista un observador del UAS.

- 120 metros de límite máximo de altura respecto al suelo en la zona de despegue.
- El dron no podrá transportar y arrojar mercancías peligrosas.

Una de las peculiaridades de la categoría abierta es que se encuentra dividida en 3 subcategorías diferentes: A1, A2, A3.

6.2.1.5. Subcategoría A1

La subcategoría A1 se define para operaciones que evaden sobrevolar personas que no participan en la operación y concentraciones de personas. Los UAS/drones aptos para realizar el vuelo dentro de la subcategoría A1 presentan las siguientes características:

- UAS de construcción privada, $V_{max} < 19$ metros por segundo y MTOM inferior a 250 gramos.
- Ser un UAS sin marcado de clase, con los requisitos correspondientes al apartado, introducidos antes del 1 de enero de 2023 con una MTOM inferior a 250 gramos.
- Que cumplan con los requisitos de la clase C0:
 - MTOM inferior a 250 gramos.
 - Alimentación por energía eléctrica.
 - Vuelo horizontal a velocidad máxima de 19 metros por segundo.
- Que cumplan con los requisitos de la clase C1:
 - MTOM inferior a 900 gramos.
 - Alimentación por energía eléctrica.
 - Vuelo horizontal a velocidad máxima de 19 metros por segundo.
 - Sistema de preaviso en caso de batería baja tanto para el UAS como para la estación de control.

- Número de serie único.
- Sistema que permita la identificación a distancia de red y directa.
- Sistema de geoconsciencia.

6.2.1.6. Subcategoría A2

Para que un UAS/dron pueda adherirse a la subcategoría A2 tendrá que llevar por normativa la etiqueta de marcado de clase C2. Además, deberá mantener una distancia horizontal de mínimo 30 metros respecto de personas o grupos de personas no participantes en la operación.

Para adquirir la etiqueta C2, se cumplirán las siguientes características:

- MTOM inferior a 4 kilogramos.
- El UAS debe incorporar un modo de baja velocidad que permita seleccionarse limitando la velocidad a un máximo de 3 metros por segundo (quedan excluidos las aeronaves no tripuladas de ala fija).
- Alimentación por energía eléctrica.
- Sistema de preaviso en caso de batería baja tanto para el UAS como para la estación de control.
- Número de serie único.
- Sistema que permita la identificación a distancia de red y directa.
- Sistema de geoconsciencia.
- Equipado con un enlace de datos protegido que impida el acceso hostil a las funciones de control y mando.
- Luces para control actitud y luces de vuelo nocturno.

6.2.1.7. Subcategoría A3

La categoría A3 define todas las operaciones en las que no se pone en peligro a personas no participantes, manteniendo una distancia horizontal mínima de 150 metros de zonas recreativas, industriales o residenciales.

Para que un dron pueda realizar operaciones en esta categoría deberá presentar los requisitos:

- UAS de construcción privada con MTOM inferior a 25 kilogramos.
- Ser un UAS sin marcado de clase, con los requisitos correspondientes al apartado, introducidos antes del 1 de enero de 2023.
- Que cumplan con los requisitos de la clase C2.
- Que cumplan con los requisitos de la clase C3.
 - MTOM inferior a 25 kilogramos.
 - Alimentación por energía eléctrica.
 - Vuelo horizontal a velocidad máxima de 19 metros por segundo.
 - Sistema de preaviso en caso de batería baja tanto para el UAS como para la estación de control.
 - Número de serie único.
 - Sistema que permita la identificación a distancia de red y directa.
 - Sistema de geoconsciencia.
 - Luces para control actitud y luces de vuelo nocturno.
 - Dimensión máxima inferior a 3 metros.
- Que cumplan con los requisitos de la clase C4.
 - MTOM inferior a 25 kilogramos

- Presentar un vuelo controlable y maniobrable por un piloto humano. manteniendo distancias e instrucciones especificadas por el fabricante.
- Destinados a aeromodelismo
- Disponer únicamente de sistemas de estabilización automáticas del vuelo que no afecten al control automático de la trayectoria o asistencia en caso de pérdida de enlace.

6.2.2. Categoría específica

Para que se consideren operaciones pertenecientes a la categoría específica, dichas operaciones deben implicar un riesgo medio y por consiguiente, no podrían estar autorizadas para realizarse en las directrices de la categoría abierta.

Para autorizar operaciones en categoría específica es necesario que un operador registrado en España presente una declaración ajustada a un escenario estándar o que solicite y obtenga, siguiendo el marco regulatorio de la AESA, una autorización operacional. No será necesario presentar una autorización operacional o declaración en el caso de que el operador posea un certificado de drones ligeros o LUC.

6.2.2.1. Declaración operacional y escenarios estándar

Se denomina escenario estándar cuando la operación del dron pertenece a la categoría específica a la que se le añaden una serie de medidas de atenuación. El operador presentará una declaración operacional si dicha operación cumple las características de los escenarios estándar. Pasado el 3 de diciembre del año 2023, los operadores podrán presentar sendas declaraciones según el Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947. [13]

Aspectos incluidos en la declaración operacional:

- Información administrativa referente al operador de drones.
- Declaración descriptiva sobre la operación y su adhesión a los requisitos operacionales descritos en el escenario específico.
- Compromiso de aplicación de todas y cada una de las medidas de atenuación requeridas para garantizar la seguridad de la operación.
- Seguro adecuado para cada vuelo.

El operador únicamente podrá iniciar las operaciones cuando reciba el justificante emitido por la AESA.

Escenarios estándar: Nacionales

Específicamente para el territorio español, la AESA ha definido dos escenarios estándar a los cuales pueden acogerse dichas operaciones con UAS a las que se le puede aplicar el Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947 [13]. Cabe destacar que estos escenarios presentan unas características análogas a los escenarios estándar de la Unión Europea y proporcionan de tal manera niveles equivalentes de seguridad.

Escenarios estándar nacionales (España):

- STS-ES-01: Operaciones VLOS sobre zona terrestre controlada en un entorno con población.
- STS-ES-02: Operaciones BLOS con observadores del espacio aéreo sobre una zona terrestre en un entorno sin población o poco poblado.

Según el Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2017/947 se define como zona terrestre controlada aquella zona en la que se hace uso de un UAS y el operador de dicho UAS puede garantizar que únicamente se encuentran en la zona aquellos participantes de la operación.

Escenarios estándar: Europa

Vienen recogidos en el Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2017/947 [13] y serán válidas a partir del 3 de diciembre del año 2023:

- STS-01: Operaciones VLOS sobre zona terrestre controlada en un entorno con población y que dispongan de identificación de clase C5.
- STS-02: Operaciones BVLOS sobre zona terrestre controlada en un entorno sin población o poco poblado y que dispongan de identificación de clase C6

6.2.2.2. Autorización Operacional

El operador UAS, en el caso de que la operación no pueda llevarse a cabo según la regulación establecida en categoría abierta ni dentro de alguno de los escenarios estándar publicados, debe contar con una autorización emitida y gestionada por la autoridad aeronáutica previo a la operación, presentando una solicitud de autorización operacional que variará en función de:

1. Si cumple con un Predefined Risk Assessment, además deberá proporcionarse la información y documentación:
 - Justificación de medidas atenuadoras recogidas en el PDRA.
 - Manual de operaciones.
 - Caracterización del dron/UAS, para cumplir con los requisitos técnicos recogidos en el PDRA.
 - Seguro adaptado a la tipología de vuelo realizada.
 - Procedimientos de coordinación con el proveedor de tránsito aéreo si se trata de operaciones realizadas en espacio aéreo controlado y/o FIZ.
2. Si no cumple con una PDRA publicada por la EASA, es necesario proporcionar, además de la solicitud de autorización:

- Evaluación del riesgo operacional siguiendo el artículo 11 del Reglamento de la Unión Europea 2019/947. [13]
- Manual de Operaciones.
- Material descriptivo a la caracterización del dron/UAS.
- Instrucciones y registros de mantenimiento del dron/UAS.
- Seguro adaptado a la tipología de vuelo realizada.
- Demostración de cumplimiento de objetivos de seguridad operacional aplicables al SAIL.
- Procedimientos de coordinación con el proveedor de tránsito aéreo si se trata de operaciones realizadas en espacio aéreo controlado y/o FIZ.

Como información adicional, cabe destacar que las PDRA se publican por la EASA como AMC siguiendo el artículo 11 del Reglamento de la Unión Europea 2019/947 [13] incluyendo la lista de acciones que el operador del dron/UAS debe seguir para la realización de manera segura de la operación.

Una vez presentada y autorizada por la AESA (en territorio español) y el operador del dron/UAS reciba la autorización, se podrá realizar la operación.

6.2.2.3. Certificado de operador de UAS ligero LUC

De manera voluntaria el operador de un dron/UAS puede acogerse a la certificación de UAS ligero si cumplen con los requisitos recogidos en la Parte C del Reglamento de la Unión Europea 2019/947 [13]. Para operar en territorio español es necesario presentar la solicitud ante la AESA aportando la siguiente información:

- Descripción del sistema gestional del operador, detallando su estructura organizativa y sistema SMS (sistema de gestión de la seguridad)

- Nombres de los responsables del operador UAS además de la persona responsable encargada de la autorización de las operaciones con drones.
- Declaración por escrito de el operador verifica la documentación y comprobación de los requisitos.
- Manual descriptivo de la organización, procedimientos, sistemas de gestión y actividades.

Una vez la AESA verifique que el operador cumple con los requisitos impuestos para la obtención del certificado de operador de UAS ligero, emitirá un certificado reconociendo los privilegios según el nivel de madurez que presenten. Estos privilegios son:

- Realizar operaciones amparadas en el escenario estándar sin necesidad de presentar la declaración.
- Autorización de las operaciones amparadas por un PDRA sin necesidad de solicitar autorización.
- Autorización de todas las operaciones sin solicitar autorización.

El certificado LUC será válido en todos los países miembros de la Unión Europea expediéndose por un período de tiempo ilimitado y mantendrá su validez siempre que se cumpla lo siguiente:

- El titular cumpla los requisitos de manera continua según el Reglamento.
- No sea objeto de revocación o renuncia.

6.2.3. Categoría certificada

La regulación a nivel europeo de la categoría certificada se encuentra aún en desarrollo. Esto es debido a que se trata de una nueva categoría enmarcada en el seno de los nuevos planes de desarrollo aeronáutico a nivel europeo. El Reglamento de Ejecución de la Unión Europea

2019/947 [13] y el Reglamento Delegado de la Unión Europea 2019/945 [12] determinan y marcan cuales serían los límites regulatorios de la categoría certificada.

Las operaciones con drones/UAS realizadas en el marco de la categoría certificada deberán obtener la certificación emitida por la EASA, además de la certificación del operador. Si fuese necesario, habría que añadir además la obtención de licencia del piloto.

Para que una operación pueda ser clasificada como categoría certificada tendrá que cumplir con lo siguiente:

- La operación requiere el el vuelo sobre personas, estando certificado por la EASA para dicha operación y su dimensión característica es superior o igual a 3 metros.
- El diseño está certificado por la EASA para el transporte de personas.
- El diseño está certificado por la EASA para el transporte de mercancías peligrosas y requiere de la posibilidad de atenuación de riesgos en caso de accidente.
- Si la AESA establece que el riesgo de la operación, tras la evaluación del riesgo operacional en categoría específica, no puede atenuarse de manera adecuada sin que se obtenga una certificación emitida por la EASA

6.2.4. Operaciones extranjeras y transfronterizas en España

Para realizar operaciones que tengan lugar en el espacio aéreo y territorio de soberanía española u operaciones transfronterizas, los operadores de drones extranjeros tendrán que acogerse a las directrices marcadas:

6.2.4.1. Operadores Europeos

Si un operador con residencia o centro de actividad principal perteneciente a un estado de la

Unión Europea requiere de la realización de operaciones en España en el marco de la categoría abierta tendrá que cumplir con:

- Número de operador drones/UAS otorgado por un Estado Miembro de la Unión Europea.
- Identificación de los drones con el número de operador.

Si un operador con residencia o centro de actividad principal perteneciente a un estado de la Unión Europea requiere de la realización de operaciones en España en el marco de la categoría específica tendrá que cumplir, además, con:

- Operación bajo régimen de declaración operacional.
- Disposición de una copia de la autorización operacional emitida por su Estado (miembro de la Unión Europea) y entrega de copia a la AESA para su evaluación.
- Operaciones amparadas por un LUC. Si el operador dispone de un LUC emitido por su Estado (miembro de la Unión Europea) será necesario adjuntar además una copia electrónica y remitirla a la AESA.

6.2.4.2. Operadores no Europeos o con residencia fuera de la Unión Europea

Si un operador no posee residencia o centro de actividad principal perteneciente a un estado de la Unión Europea deberá considerar como Estado de registro el primer Estado donde se disponga a operar:

- Si desea operar en España, debe remitirse al Reglamento de Ejecución de la Unión Europea 2019/947. [13]
- En el caso de tratarse de otro país europeo deberá remitirse a la autoridad del país en cuestión, en la Tabla 2 se muestran las autoridades competentes de en cada país miembro.

País	Autoridad competente
Austria	https://www.dronespace.at
Belgium	https://es.mobilit.fgov.be/
Bulgaria	https://www.caa.bg/
Croatia	http://www.ccaa.hr/
Cyprus	https://www.drones.gov.cy/
Czechia	https://www.caa.cz/
Denmark	https://droneregler.dk/
Estonia	https://transpordiamet.ee/
Finland	https://www.droneinfo.fi
France	https://www.service-public.fr/
Germany	https://www.lba.de/
Greece	http://www.ypa.gr/en/
Hungary	https://www.kozlekedesihatosag.kormany.hu/
Iceland	https://www.icetra.is/
Ireland	https://www.iaa.ie/
Italy	https://www.enac.gov.it/
Latvia	https://uas.caa.lv/
Liechtenstein	https://www.llv.li/
Lithuania	https://tka.lt/
Luxembourg	https://dac.gouvernement.lu/
Netherlands	https://www.rijksoverheid.nl/
Malta	https://www.transport.gov.mt/
Norway	https://luftfartstilsynet.no/
Poland	https://drony.ulc.gov.pl/
Portugal	https://www.anac.pt/
Romania	https://www.caa.ro/ro/pages/drone
Slovakia	http://letectvo.nsat.sk/
Slovenia	https://www.caa.si/
Spain	https://www.seguridadaerea.gob.es/
Sweden	https://www.transportstyrelsen.se/
Switzerland	https://www.bazl.admin.ch/

Tabla 2: Autoridad competente según Estado Miembro de la Unión Europea. [20]

7. Certificación

7.1. Proyecto DACUS y certificación

Con respecto a la certificación de drones la normativa actual se encuentra aún en desarrollo. Con el avance de la implantación de los servicios U-space y los nuevos modelos de gestión del espacio aéreo las medidas y requisitos necesarios que deberán cumplir las aeronaves que sobrevuelen una zona, ya sea rural o urbana, tendrán que ir adaptándose a las nuevas capacidades adquiridas de los drones. En este Trabajo Final de Máster se desarrollarán los requisitos y posibles puntos de mejora en la certificación de drones respecto de operaciones en entornos urbanos ya que serán las que presenten un riesgo más elevado y, por consiguiente, deberán cumplir de manera estricta los requisitos de certificación.

El proyecto DACUS [17] se encarga de la optimización de la capacidad y demanda del espacio aéreo en U-space. Para ello, asume una serie de requisitos y diferenciaciones entre las diferentes tipologías de entornos urbanos. En la documentación referente a DACUS [17], aparecen detalladas las diferenciaciones y características que se deben cumplir para garantizar la seguridad y gestionar de manera eficiente la capacidad del espacio aéreo.

A continuación se ofrece una clasificación general del tipo de regiones urbanas y su caracterización a través de la distribución de la población. En general, se pueden distinguir cuatro tipos morfológicos diferentes: regiones urbanas monocéntricas, dispersas, lineales y policéntricas:

- **Región urbana monocéntrica:** Las regiones con estructuras urbanas monocéntricas se encuentran en Francia, España, Portugal y los países del norte y el este de Europa, donde las ciudades se distribuyen en áreas relativamente amplias.
- **Región urbana dispersa:** Los patrones urbanos dispersos están formados por ciudades, pueblos y suburbios dispersos o en expansión con densidades relativamente bajas. Hay ejemplos en partes de Bélgica, en el norte de Italia y en el sur de Polonia.

- **Región urbana lineal:** Las regiones con formas lineales de aglomeración han surgido a lo largo de algunas de las costas europeas, por ejemplo en Portugal, en el sur de España y Francia y en el este de Italia. Las regiones urbanas lineales también están presentes en los valles montañosos de Suiza y Austria.
- **Región urbana policéntrica:** En las regiones urbanas policéntricas, varias ciudades se encuentran muy cerca unas de otras. Este tipo de regiones puede encontrarse en los Países Bajos, la parte occidental de Alemania y la mitad sur del Reino Unido.

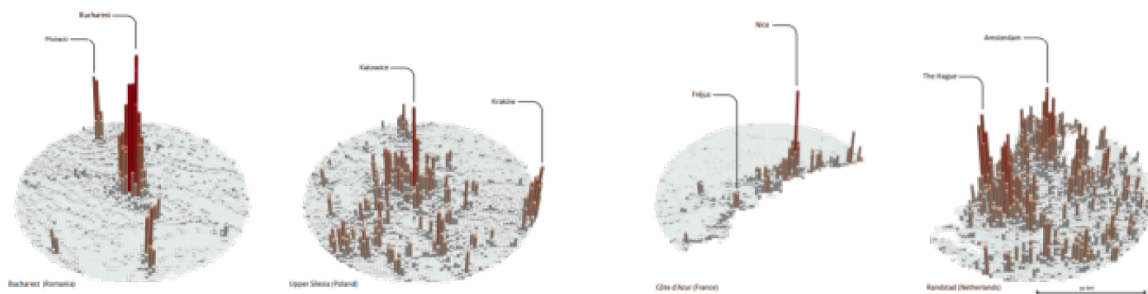


Figura 17: Representación gráfica de los diferentes tipos morfológicos de entornos urbanos. [17]

En función de la tipología morfológica del entorno en el que vaya a operar la aeronave, se deberá cumplir diferentes requisitos de certificación ya que las operaciones realizadas por la aeronave variarán en consecuencia y por tanto, los procesos para garantizar la seguridad tendrán que ser diferentes.

A su vez, dentro de cada región se puede clasificar según su cobertura terrestre [15]:

- **Tejido urbano:** Zonas céntricas, centros urbanos y distritos comerciales centrales (CBD), siempre que haya un uso residencial parcial.
- **Unidades industriales:** lugares de actividades industriales, sitios de producción, plantas de energía plantas de energía.
- **Unidades comerciales:** superficies ocupadas exclusivamente por actividades comerciales, Edificios de oficinas de gran altura.

- **Unidades militares y privadas:** superficies puramente ocupadas por administraciones administraciones generales, públicas o privadas (Escuelas, Hospitales, Lugares de de culto, edificios de la Administración, zonas militares)
- **Redes de carreteras y ferrocarriles:** zonas delimitadas por carreteras o vías férreas e instalaciones ferroviarias, incluidas estaciones, estaciones de carga y zonas de servicio
- **Zonas portuarias:** zona administrativa de los puertos interiores y marítimos e infraestructura de las zonas portuarias, incluidos los muelles, astilleros, zonas de transporte y almacenamiento
- **Aeropuertos:** Zona administrativa de los aeropuertos, mayoritariamente vallada, se incluyen todas las instalaciones aeroportuarias: pistas y edificios.
- **Zonas de construcción:** espacios en construcción.
- **Zonas urbanas verdes:** no incluye los jardines de casas particulares.
- **Instalaciones recreativas y deportivas:** todas las actividades deportivas tanto públicas como privadas.
- **Masas de agua:** mar, lagos, ríos y canales.

7.2. Proyecto METROPOLIS y certificación del espacio aéreo urbano

Para poder certificar el espacio aéreo una vez implantado el ecosistema U-space será necesario tener un marco regulatorio y una estructura para definir los procesos, operaciones y tipos de vuelo que se pueden llevar a cabo. Como referencia se toma las estructuras definidas en el proyecto DACUS [17] y el proyecto METROPOLIS [31], que estudia los conceptos de estructuración del espacio en el nuevo modelo de operaciones autónomas y de gran tráfico en ciudad. En los siguientes apartados se definen los diferentes conceptos de estructuración del espacio aéreo con sus beneficios y consecuencias en el ámbito de la certificación.

7.2.1. No estructurado

Todos los drones pueden utilizar el espacio aéreo libremente, sin ninguna restricción no física. Para garantizar la seguridad, es necesario desarrollar, certificar y establecer un algoritmo que garantice la separación en el aire entre drones mientras vuelan su ruta óptima o establecida.



Figura 18: Espacio aéreo no estructurado. [31]

Como ventaja principal, esta tipología de estructuración y certificación del espacio aéreo permite ampliar la densidad de tránsito del espacio aéreo, si la gestión del tráfico se genera de manera descentralizada (autónoma) permite aumentar la densidad de tránsito sin que aumente de manera significativa el riesgo de conflicto entre aeronaves. [27]

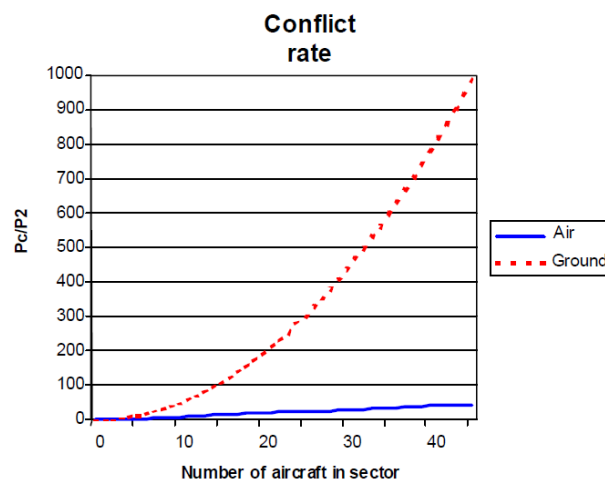


Figura 19: Ratio de conflicto en los casos separación de UAVs descentralizada (Air) y centralizada (Ground). [27]

Detección y resolución de conflictos

Uno de los problemas principales en cuanto a la certificación de esta tipología del estructuración del espacio aéreo es la resolución de conflictos. Para solucionarlo, el proyecto METROPOLIS propone la implementación del algoritmo *Modified Voltage Potential MVP*. Este algoritmo calcula las resoluciones de conflictos utilizando un enfoque basado en el estado geométrico sin intercambiar información de la trayectoria entre las aeronaves. En este caso, cada aeronave transmite su propia altitud, posición, velocidad (horizontal y vertical) y rumbo instantáneos a todas las demás aeronaves del espacio aéreo por medio del sistema ADS-B. Con estos datos, se estiman las posiciones futuras de las aeronaves extrapolando la información de estado transmitida durante un tiempo de espera predeterminado.

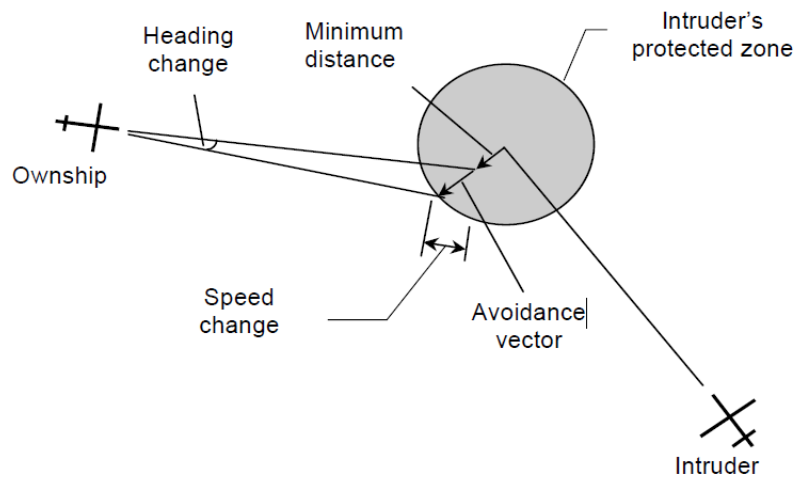


Figura 20: Resolución de conflictos geométrica según el algoritmo MVP. [31]

7.2.2. Capas

Propone que el espacio aéreo se segmente en capas con determinadas dimensiones verticales. La clave está en que en cada capa se puedan aplicar mecanismos de gestión del tráfico específicos. Este diseño de la estructura también ofrece la posibilidad de diferenciar el tránsito de drones según sus características y rendimiento. En este caso, podría ser necesario implementar tubos o conos específicos sobre los lugares de despegue y aterrizaje para que los vehículos entren en

las capas. Este método de diferenciación entre capas facilitaría la labor de certificación ya que podrían establecerse requisitos diferentes en función de la capa facilitando la elaboración de la normativa y gestión del proceso de certificación.



Figura 21: Espacio aéreo estructurado por capas. [31]

La división del espacio aéreo entre la *feeder layer* o capa transitoria y capas de nivel separa las zonas de tráfico de mayor altitud con tráfico homogéneo respecto del tráfico con direcciones o altitudes de vuelo transitorias. La capa *feeder* es la capa más baja y se utilizará en general para ascensos y descensos continuos con rumbo constante después del despegue o antes del aterrizaje. Por encima de la capa *feeder*), se encuentra un sistema de capa de nivel general para UAV, seguido de una capa de separación y un nuevo sistema de capas de nivel para vehículos tripulados.

La parte más baja del espacio aéreo por encima de la altitud mínima de 300 pies abarca la capa *feeder* que se utiliza principalmente para ofrecer suficiente espacio para el ascenso y descenso de vehículos personales y no tripulados. A la hora de dimensionar la capa *feeder* se tendrá en cuenta la altura de los edificios agregando un margen de seguridad para evitar colisiones. De esta manera, la capa *feeder* debe ampliarse. Además, cada capa se limitará a un rango de rumbo para evitar conflictos y mejorar la seguridad.

En la Figura 22 se muestra la segregación por capas propuesta por el proyecto METROPOLIS [31] tanto para vehículos personales (PAV) como no tripulados (UAV).

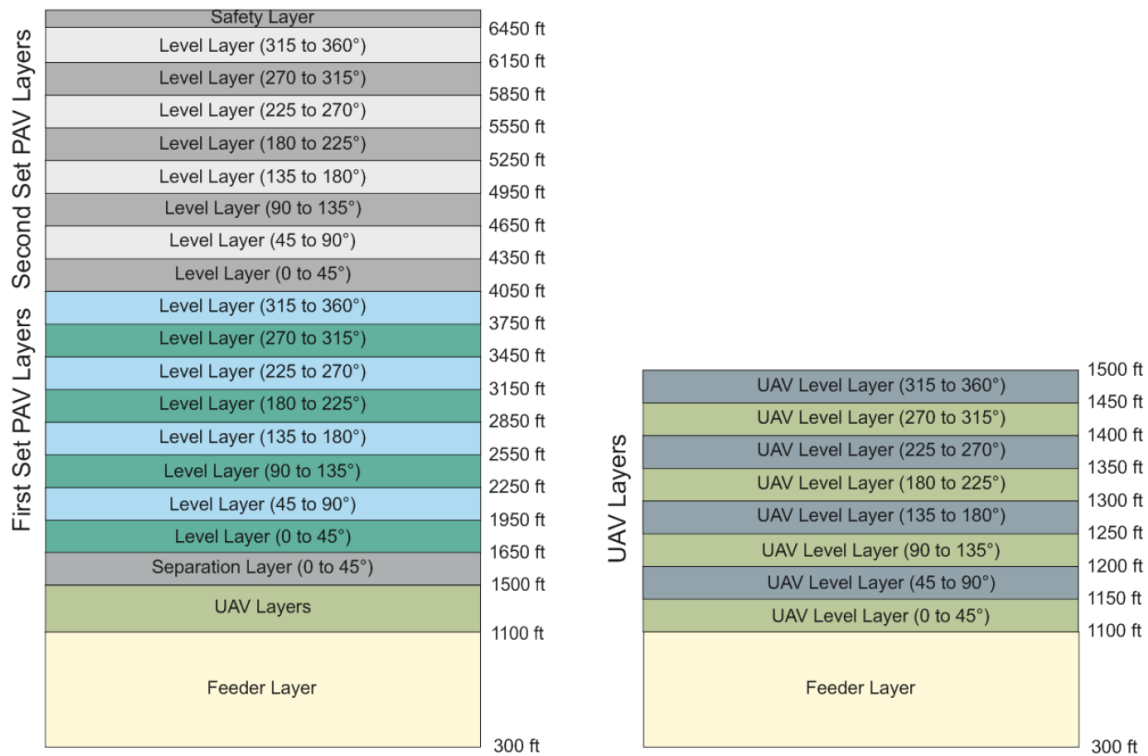


Figura 22: Sistema de capas para PAV y UAV [31]

Procedimientos de despegue y aterrizaje en el caso de separación por capas

El factor más crítico dentro de esta tipología de estructuración es el del momento de despegue y aterrizaje de las aeronaves, ya que tendrán que cruzar varias capas del espacio aéreo pudiendo generar conflictos con la maniobra.

Para hacer frente a las capacidades de la mayoría de aeronaves que transitarán el espacio aéreo se podría certificar un rango de ángulos de ascenso y descenso de entre 3 y 20 grados. En la Figura 23, se muestra de manera gráfica una representación sencilla de los conos según los puntos de despegue y aterrizaje. Además, los conos se deberán certificar de tal forma que formen un ángulo de apertura de ± 3 grados y así generar más espacio en las capas superiores del UAV posibilitando cambios de rumbo suaves. El cono de descenso presenta funciones idénticas pero a la inversa.

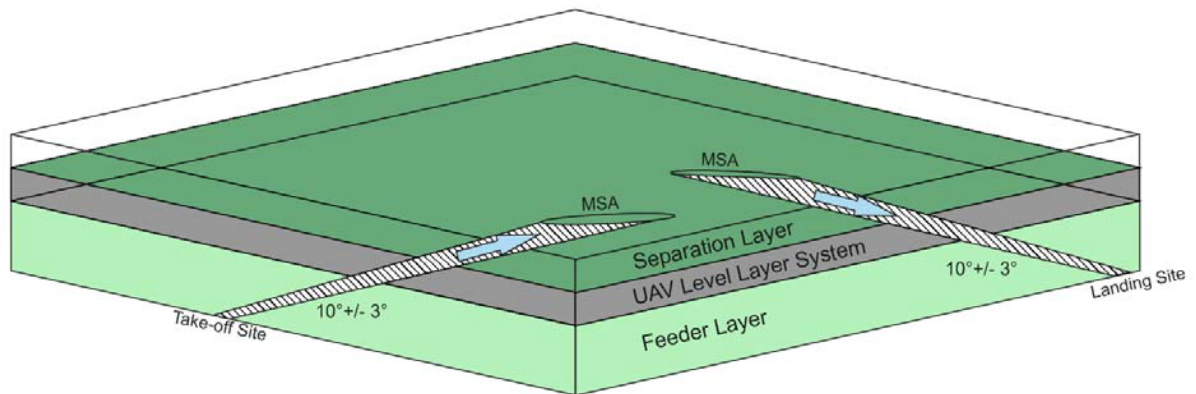


Figura 23: Representación de los conos de despegue y aterrizaje en la estructuración por capas. [31]

7.2.3. Zonas

Se trata de un diseño basado en el concepto de espacio aéreo tradicional, separando en diferentes zonas cada tipología de dron, rangos de velocidad permitidos así como también direcciones globales. Este método de separación hace posible la aplicación de diferente normativa y estrategias de gestión del tráfico en función de las zonas urbanas y los tipos de aeronaves. Con respecto a la certificación, certificar el espacio aéreo por zonas podría ser clave en un proceso de transición a la inserción del tráfico en el espacio aéreo urbano ya que, al compartir características con la separación del espacio aéreo convencional, la aceptación y elaboración de la normativa referente podría ser más sencilla. Además, el concepto clave es que se agilizaría el proceso de certificación ya que, a diferencia de la certificación por capas que permite la entrada de drones según su rendimiento, en este concepto, lo que se certificaría es la viabilidad de la operación en función de la zona.

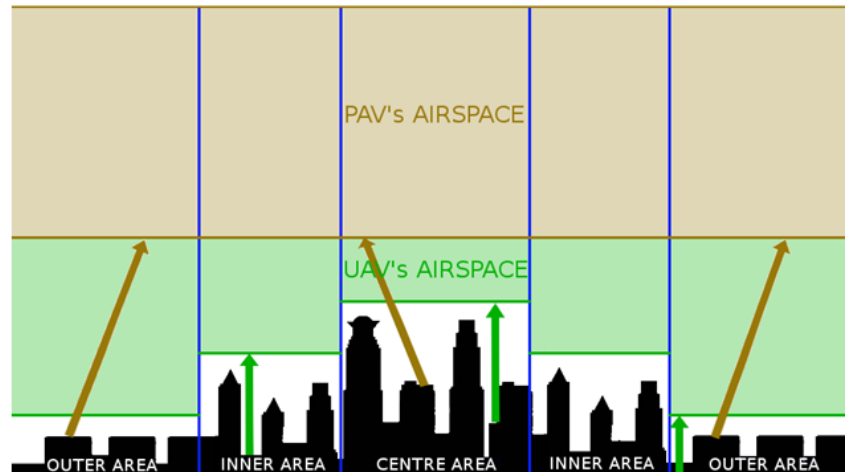


Figura 24: Vista vertical de un espacio aéreo dividido por zonas. [31]

7.2.3.1. Separación por zonas para UAVs

Para realizar la separación por zonas de manera más eficiente en referencia a las aeronaves no tripuladas, el proyecto METROPOLIS [31] propone una segregación del espacio aéreo inferior

en cuadrículas. Suponiendo que la ciudad en cuestión presenta calles paralelas y rectas, como es el caso de Nueva York. La clave está en establecer la separación entre las diferentes cuadrículas que a su vez, tendrán puntos de conexión para permitir el cambio de nivel de vuelo.

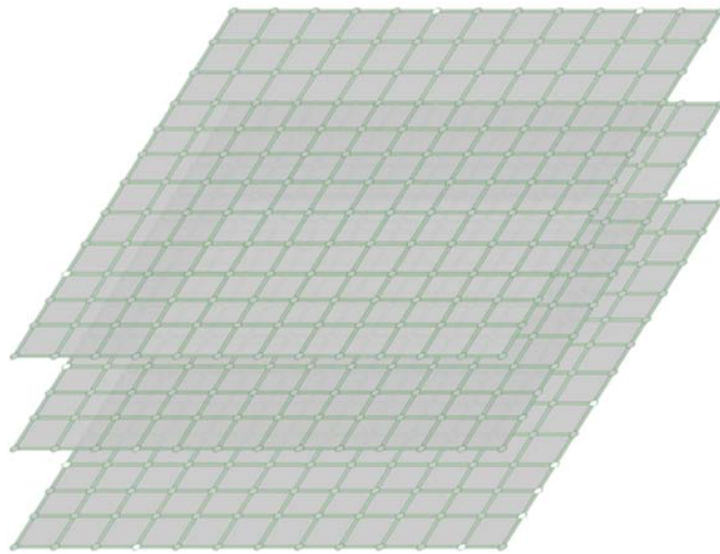


Figura 25: Sistema de división por cuadrículas. [31]

En función de la distribución y las características de la ciudad o terreno en cuestión, los procesos las rutas certificadas para la operatividad de las aeronaves deberá seguir patrones diferentes. La clave está en realizar un proceso de certificación previo, comenzando por las ciudades importantes e intentando implementar un sistema automatizado que ofrezca un resultado previo y ágil, Figura 26. En el caso de bloqueo de ruta o inhabilitación de una zona por emergencia, de manera autónoma las aeronaves tendrán que tomar rutas alternativas. En este caso de distribución del espacio aéreo inferior en cuadrículas, éstas deberán seguir trayectorias certificadas y establecidas, Figura 27

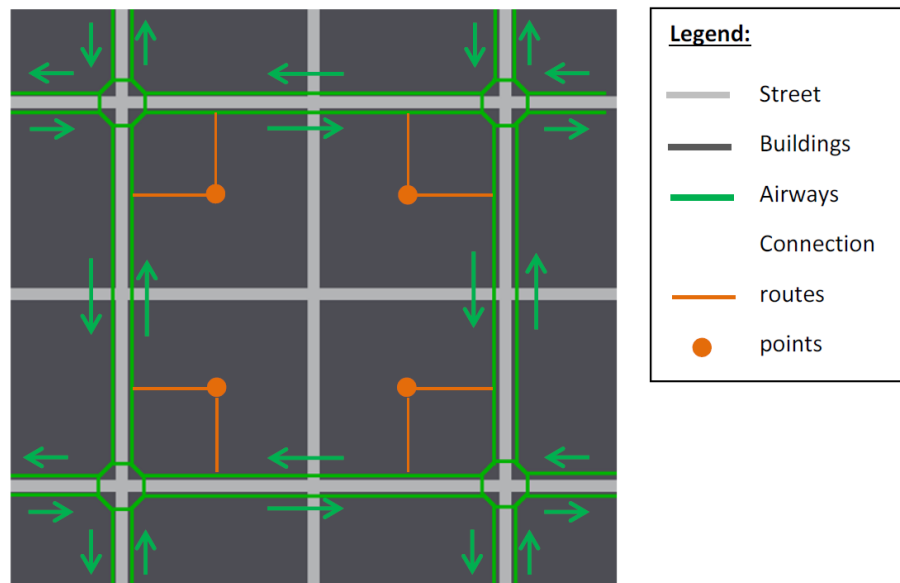


Figura 26: Rutas UAV por cuadrículas. [31]

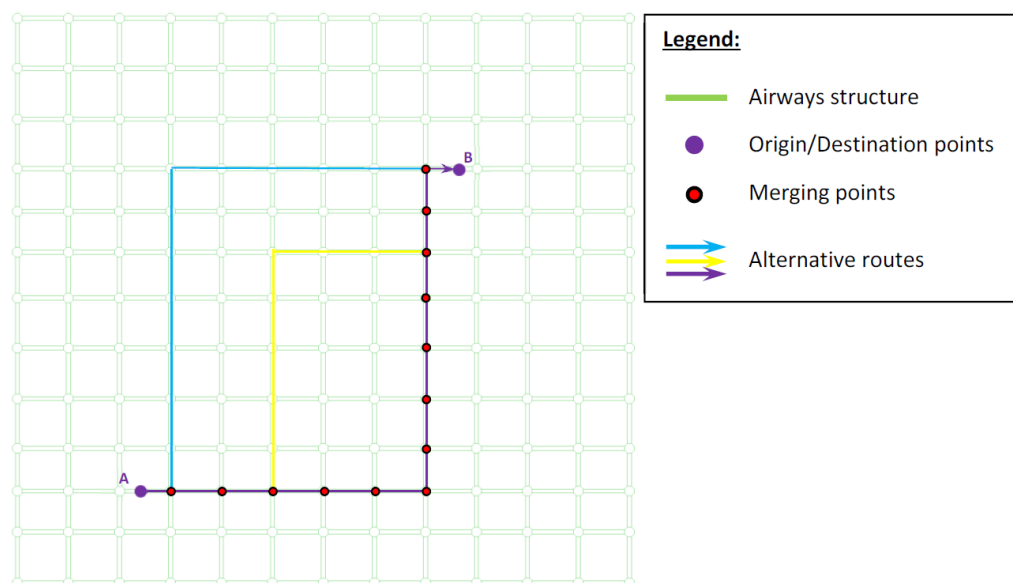


Figura 27: Rutas alternativas UAV por cuadrículas. [31]

7.2.3.2. Separación por zonas para PAVs

El caso de los PAVs presenta una complejidad mayor a la hora de establecer un criterio de tránsito seguro y certificable.

A diferencia de la tipología UAV, que está dividida en cuadrantes, la tipología por zonas para los PAV abarca toda el área metropolitana y enlaza todos los posibles pares origen-destino. La idea inicial del concepto de división por zonas mezclando todos los tipos de tráfico (todos los pares origen-destino, todos los tipos de aeronaves y todas las fases de vuelo) reduciría la capacidad del sistema. Por lo tanto, para garantizar una gestión eficiente e independiente del tráfico, garantizando la seguridad de las operaciones, METROPOLIS [31] propone dividir el espacio aéreo en varias zonas con tráfico PAV organizado en flujos que siguiendo una dirección y velocidad similares.

Para ello se desarrolla la zona colectora/distribuidora conecta la zona exterior (anillo) y parte de la zona interior de la ciudad. Esta zona se ha diseñado en forma de disco en la dimensión horizontal con diferentes subzonas sectorizadas en las que el tráfico circula en una única dirección. Cada zona reúne dos flujos segregados que se mueven en direcciones opuestas (entrada y salida). La capacidad de cada flujo se define por el tamaño del sector angular asociado, que es controlada por el ATC ajustando la línea de separación virtual. De esta forma se podría aumentar o reducir la capacidad de tránsito según el momento del día, por ejemplo, a primera hora se supone que habrá un flujo entrante a la ciudad por lo que el flujo de entrada debería tener un volumen mayor, a la tarde sucedería lo contrario.

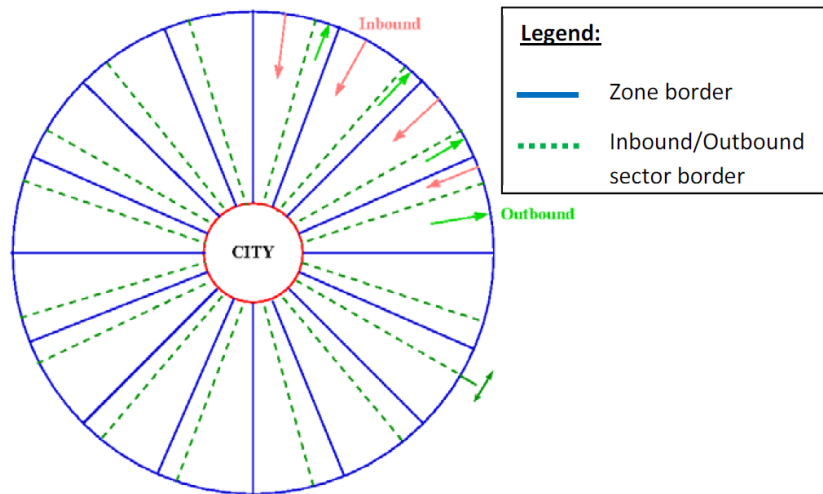


Figura 28: Vista superior de la zona colectora general. [31]

Para poder simplificar y simular las trayectorias de las aeronaves, en lugar de mantener una superficie circular de separación cerca del entorno urbano se pasa a una caracterización poligonal, dividida en ocho zonas (N, NE, E, SE, S, SW, W y NW), Figura 29. A su vez, los anillos externos pasarían a ser líneas poligonales, Figura 30, cuya función principal sería la de establecer zonas de descongestión de tráfico que puedan ser usadas en caso de emergencia, Figura 31.

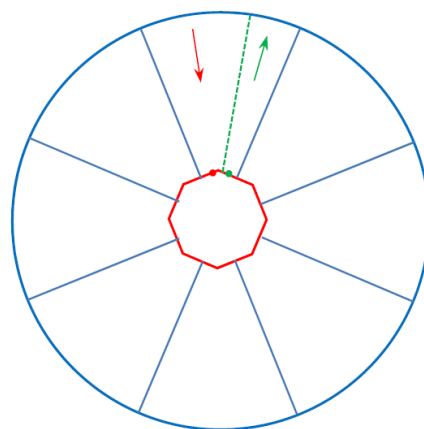


Figura 29: Propuesta de división según METROPOLIS. [31]

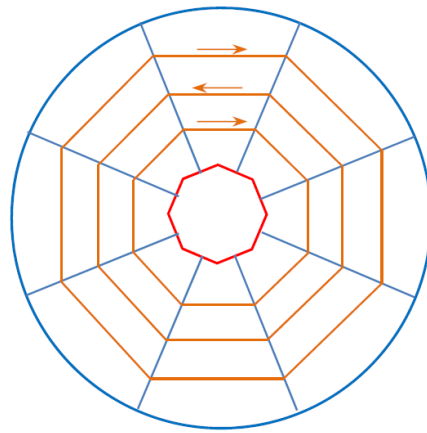


Figura 30: Anillos exteriores poligonales. [31]

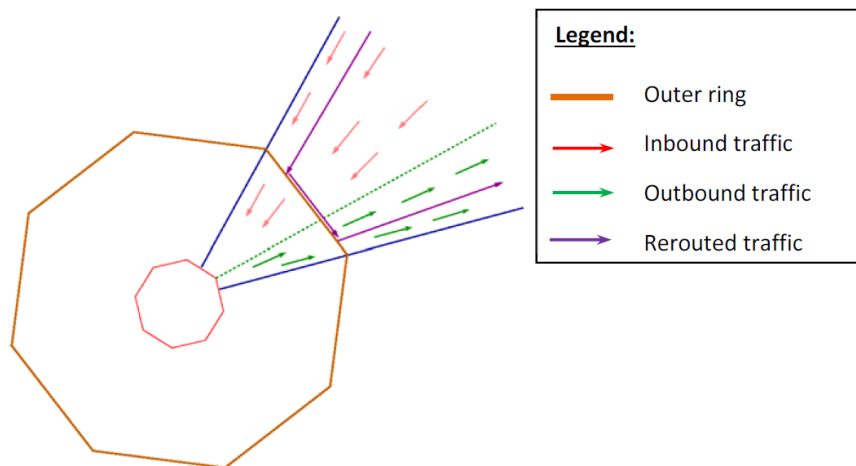


Figura 31: Uso de anillo externo para cambio de ruta de emergencia. [31]

Es necesario establecer un criterio para certificar que las rutas son seguras y las aeronaves circulan de manera eficiente. En el caso de cambio de rumbo en zonas con alta densidad de tráfico, se establecen zonas de cambio en las que las aeronaves podrán tomar y seguir los anillos de manera segura, correcta y certificada. Además, las aeronaves deberán seguir la trayectoria marcada por los anillos en el caso de ascenso y descenso. Estas trayectorias deberán ser certificadas según las necesidades del espacio aéreo de la zona y en cada anillo se establecerá un sentido de vuelo, Figuras 32 y 33.

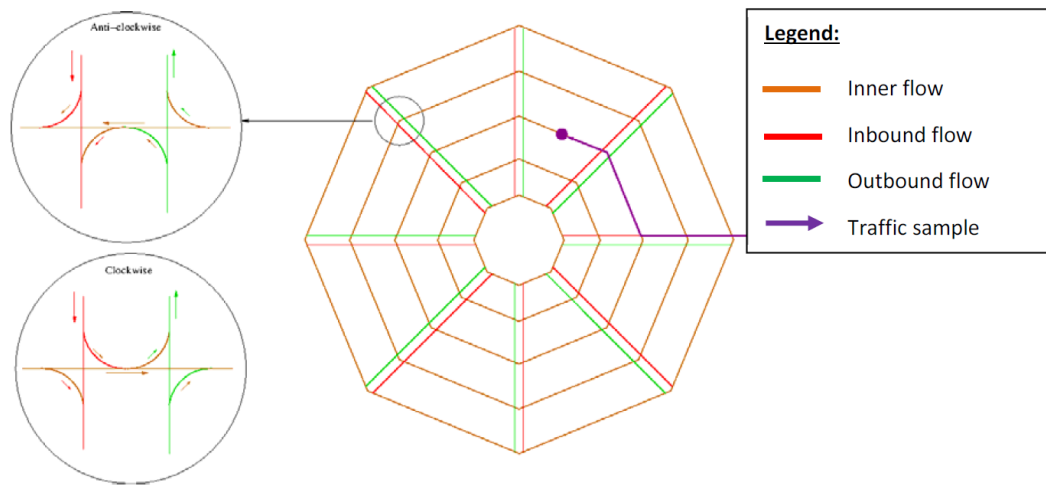


Figura 32: Cambio de rumbo en zona de alto flujo. [31]

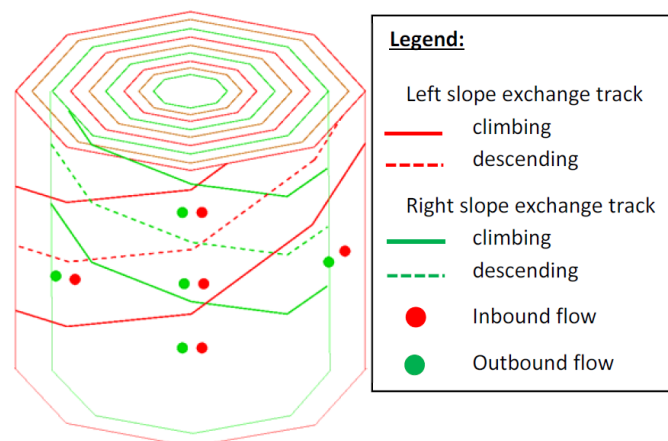


Figura 33: Cambio de rumbo en zona de alto flujo 3D. [31]

7.2.4. Corredores/Tubos

Este es el diseño que ofrece la máxima estructuración del espacio aéreo, donde los corredores o aerovías tridimensionales proporcionan una estructura de rutas fijas en el seno del espacio aéreo. Cada corredor o tubo puede presentar diferentes direcciones, velocidades y tipos de vehículos que lo pueden transitar, garantizando la seguridad al separar el tráfico potencialmente conflictivo. En

cuanto la certificación, este concepto supone un reto a nivel de la certificación de la viabilidad y cumplimiento de tiempos ya que el espacio aéreo no se divide en zonas o capas sino que la división y garantía de que el espacio aéreo es seguro es la coordinación del tráfico aéreo.



Figura 34: Espacio aéreo estructurado en corredores/tubos. [31]

Cada corredor o tubo tendrá condicionado su tránsito en función de la tipología de la aeronave, tripulada o no tripulada. Para las no tripuladas, se establecerán aerovías a menor altura y de menor dimensión, aumentando la capacidad del tráfico aéreo a bajo nivel. En el caso de las aeronaves tripuladas, las aerovías serán de mayor tamaño y presentarán una mayor separación entre ellas.

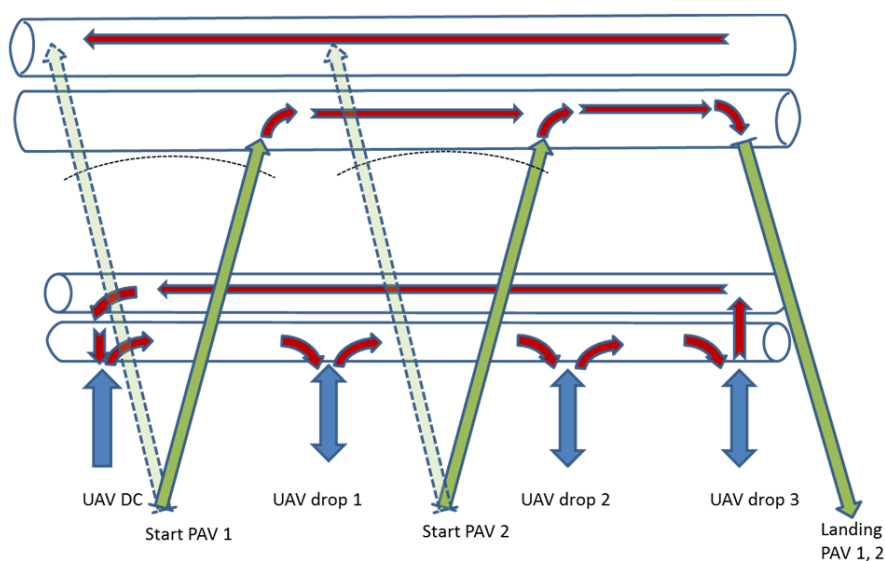


Figura 35: Representación de los corredores/tubos en función del tipo de aeronave. [31]

7.3. Criterios de referencia para la certificación de drones.

Cuando se trata la certificación de aeronaves, el objetivo principal es comprobar de manera rigurosa que la aeronave presenta un comportamiento seguro y establecido frente a una situación adversa o de riesgo. Además, los límites de las variables se establecen según estudios, ensayos y simulaciones auditadas y muy bien establecidas. Para el caso que nos ampara, en materia de certificación aún se encuentra en desarrollo y estipulación y la certidumbre irá aumentando a medida que se vaya implementando U-space y se normalice y permita el uso de drones en entornos rurales y urbanos por parte de las autoridades competentes en cada país y región. En los siguientes apartados se detallarán los requisitos de rendimiento requeridos estandarizados y propuestos por el proyecto DACUS [17].

7.3.1. Sistemas de comunicación

Se deberá establecer una normativa clara que identifique los valores óptimos en función de la tipología de aeronave y operación destinada. Los puntos clave determinantes en la certificación de los sistemas de comunicación serán:

- Continuidad, disponibilidad e integridad.
- Cobertura.
- Latencia.
- Ancho de banda.
- Seguridad en la transferencia de datos.

7.3.2. Inclemencias meteorológicas

La certificación de los drones frente a inclemencias meteorológicas es un factor clave, aún más si cabe en aéreas urbanas. Las aeronaves deberán ser certificadas ante:

- **Deslumbramientos:** los deslumbramientos afectan a la integridad visual y la navegación de las aeronaves en operaciones VLOS y BVLOS. Los operadores y observadores en tierra pueden perder la capacidad de seguir o reconocer su propio UAV así como también la situación del tráfico aéreo. La luz del sol también puede jugar un papel negativo en el caso de deslumbramientos. Además, los sistemas de ayuda a la visión (cámaras) pueden verse obstaculizados a la hora de grabar con nitidez suficiente cuando se enfrentan a la luz solar directa.
- **Temperatura:** todos los sistemas técnicos a bordo y en tierra deben funcionar en las condiciones especificadas por los fabricantes, normalmente entre -20° y 50°C . Si no se puede garantizar este rango, es posible que se produzca un fallo en el sistema impidiendo su funcionamiento.
- **Humedad:** la humedad puede provocar fallos en los sistemas electrónicos si el agua entra en el interior de sistemas en funcionamiento puede provocar un cortocircuito electrónico que se traduce en un comportamiento erróneo, en la pérdida de funcionalidad o en la emisión de altas cantidades de calor que conducen a un incendio.
- **Nubes, niebla y neblina:** en la mayoría de las regulaciones de la FAA y la EASA las operaciones VLOS no están permitidas en condiciones de niebla. Además, en operaciones BVLOS puede llegar a ser un factor de impedimento al dificultar la visión en primera persona (FPV) a través de las cámaras y teniendo el potencial de deshabilitar la capacidad de los sistemas de detección y evasión basados en sensores ópticos. Un buen ejemplo de esta situación son los sensores LIDAR, que no pueden penetrar la niebla con eficacia, o las lentes de las cámaras convencionales, que se empañan.
- **La lluvia:** las precipitaciones fuertes sobre los UAVs interfieren en el control y la aerodinámica, pudiendo presentar además problemas de penetración de agua en sistemas. Cabe

destacar que los sistemas GNSS funcionan de manera correcta incluso en eventos de lluvia intensa permitiéndose una pérdida de señal en el rango de -2 dB.

- **Tormentas solares:** las erupciones solares pueden tener un fuerte impacto en el rendimiento del CNS, especialmente en las transmisiones GNSS. Estas señales deben atravesar la ionosfera para ser recibidas, por lo que es esencial que estos eventos se pronostiquen con antelación.

7.3.3. Sistemas de redundancia (motores/baterías/sistema de control de vuelo/comunicaciones)

Un componente clave durante el vuelo en un entorno urbano será la capacidad de manejar los fallos con seguridad. A la hora de certificar una aeronave, hay que tener en cuenta que cualquier componente puede fallar y la aeronave tendrá que gestionar de manera segura esa situación reduciendo el riesgo en tierra. De esta forma, para certificar los drones más críticos es necesario que exista redundancias en todos los componentes clave que mantienen el control del dron en vuelo (motores, controlador, baterías).

7.3.4. Sistemas de emergencia

En caso de fallo absoluto en el que se pierda el control o los sistemas redundantes no sean capaces de mantener el dron en vuelo seguro un sistema probable y en estudio es el de eliminar toda la potencia del motor y desplegar un paracaídas de tal manera que el impacto del dron cause el menor daño posible tras su impacto en tierra..

7.3.5. Sistemas de actuación en caso de batería baja

Dentro de las zonas urbanas, todas las rutas, procedimientos y sistemas de vuelo deben tener como objetivo que la aeronave regrese con un mínimo de 30% de carga en la batería o 7 minutos de vuelo.

7.3.6. Límites en peso y emisión de ruidos

En contra de pudiese parecer razonable, los drones de menos de 25 kg provocan poca contaminación acústica. Una operación bien planificada y certificada garantizará que en los lugares de despegue y aterrizaje se pueda limitar el nivel de ruido.

En el caso de los drones más grandes, de más de 25 kilos, y de los taxis aéreos, es más probable que el ruido se convierta en un problema. Sin embargo, esto puede mitigarse con un diseño adecuado de los puntos de despegue y aterrizaje. Es probable que las tecnologías en estudio solucionen el problema del ruido en vuelo centrándose con posterioridad en el ruido al despegue y aterrizaje.

7.3.7. Sistemas *Sense and Avoid*

Se espera que en zonas urbanas, los sistemas *Sense and Avoid* sean certificados tanto en componentes de la aeronave como en sistemas en tierra capaces de ofrecer una capa extra de seguridad y control del tráfico aéreo en zonas más densas.

8. Innovaciones e implementaciones futuras: Tecnología Blockchain

8.1. Introducción

La tecnología Blockchain tendrá un impacto real en todos los sectores comerciales, desde los servicios financieros y los seguros hasta la fabricación y la construcción. Esta tecnología ya se encuentra en uso y es capaz de mejorar la gestión de la cadenas de suministro, privacidad de los datos, prevenir el robo de identidad y entre otros. Cada vez son más los casos de uso en los que la tecnología Blockchain puede ser implementada y se estima que se generen en 2030 más de 3.000 millones de euros gracias a su uso.

El valor añadido que aporta la tecnología Blockchain puede presentar un factor clave en el sector aeronáutico pudiendo potencial y revolucionar la gestión de los drones. Esta tecnología puede ir de la mano de la implantación de U-space garantizando la inmutabilidad de los datos, precisión de los mismos y facilitando el acceso a la información. [28]

8.2. Definición de la tecnología Blockchain

La tecnología Blockchain, o cadena de bloques, básicamente se define como un libro contable en el que quedan reflejadas todas las transacciones (intercambio de información) de la red impidiendo la modificación de los mismos, aumentando la seguridad, transparencia y el acceso a una posible auditoría. En la actualidad existen diferentes redes Blockchain y cada una presenta puntos clave que las hacen posicionarse en el mercado.

El valor de la tecnología Blockchain reside en es un sistema **inmutable**, los datos una vez validados y inscritos en los bloques no pueden modificarse, **distribuida**, la información se encuentra repartida entre los nodos que conforman la red y **descentralizada**, no existe una autoridad que pueda controlar o regular la información reflejada y validada en la red de bloques.

8.3. Beneficios que puede aportar la tecnología Blockchain a la aviación no tripulada

La implementación de la tecnología Blockchain jugará un papel clave en la certificación de aeronaves ya que se podrá corroborar a tiempo real y sin lugar a modificaciones si una aeronave cumple o no con los criterios de seguridad establecidos en su fase de certificación. [46]

8.3.1. Simplificación de datos de vuelo

Un sistema de gestión del espacio aéreo construido sobre Blockchain simplifica el proceso de compartir datos de vuelo precisos eliminando trabajo a los operadores de drones. La tecnología Blockchain permite asignar una identificación única a cada aeronave no tripulada y mantener un registro en tiempo real de su estado, los detalles del vuelo (por ejemplo, la altitud, las coordenadas), el operador y el historial de mantenimiento.

La naturaleza distribuida de un sistema Blockchain tiene redundancia incorporada y se actualiza con nuevos registros en tiempo real. Este enfoque permite que las autoridades del espacio aéreo conozcan el vuelo y proporciona conocimiento de la situación a otros operadores de aeronaves para que puedan mantener una separación en vuelo segura.

8.3.2. Nueva forma de garantizar el cumplimiento

La mayoría de intrusiones en espacio aéreo restringido o situaciones de riesgo se deben a errores humanos. Gracias a la tecnología Blockchain se pueden implementar contratos inteligentes que se ejecutan de manera automática y descentralizada sin necesidad ni capacidad de intervención por parte de un humano. Un contrato inteligente puede estar programado para inhabilitar el vuelo de una aeronave que sobre pase una altitud o velocidad determinadas o generando respuestas automáticas ante situaciones preestablecidas, como la pérdida de conexión o baja carga de batería.

8.3.3. Garantía de certificación y mantenimiento

Gracias a los contratos inteligentes y a la información ofrecida con Blockchain se puede garantizar el estado de certificación y sus próximas revisiones y mantenimientos de manera autónoma, inmutable y accesible por toda la red. De esta forma, se podrían programar contratos inteligentes que impidan el vuelo de una aeronave que incumpla con mantenimientos establecidos o presente algún riesgo en componentes críticos.

Además, gracias a Blockchain, se puede garantizar que la persona o institución que proporciona el mantenimiento cumple con todos los estándares y es el autorizado ya que sin sus claves privadas, no tendría acceso a la red para poder firmar la transacción de realización de mantenimiento.

8.3.4. Auditoría accesible e inmutable

La tecnología Blockchain permite de manera automatizada comprobar el estado de la red a tiempo real y verificar todas las transacciones. En el caso de los drones, con Blockchain se podría tener un programa automático en el que se garantice y compruebe el estado de todas y cada una de las aeronaves que formen parte de la red, pudiendo solucionar problemas de manera eficiente y garantizando la seguridad.

8.3.5. Certificación, Blockchain y futuro

No cabe duda que el sector aeronáutico se encuentra en un punto clave de expansión exponencial gracias al aumento de la inversión, las nuevas capacidades de los drones, tripulados y no tripulados, y el acompañamiento de las autoridades competentes permitiendo la innovación y ajustando de manera paulatina la legislación.

En el ámbito de la certificación, muchos de los procesos llevados a cabo hoy en día se realizarán de manera autónoma y pudiendo ser supervisados en tiempo real por las autoridades que

implanten U-space y los nuevos modelos de gestión del tráfico aéreo. La sociedad y la tecnología avanzan a pasos agigantados, se crean nuevas oportunidades laborales y empresariales poniendo el foco en la sostenibilidad, transparencia y eficiencia en todos los sectores y aún más si cabe en el sector aeronáutico.

9. Presupuesto del proyecto

A continuación se detallará el importe aproximado del presupuesto del proyecto. Para la obtención de un análisis más detallado, se dividirá el importe en los siguientes conceptos:

- Material
- Mano de obra
- Licencias

9.1. Material

En la Tabla 3, se detallan los costes asociados al material empleado para la elaboración del proyecto. En el caso de los dispositivos electrónicos, se calcula en base a una vida útil estimada de 3 años.

Material	Coste (€/ hora)	Cantidad (horas)	Coste total (€)
Dell G3 15"	0,1418422 [18]	340	48,23
Subtotal			48,23

Tabla 3: Coste presupuestado del material.

9.2. Mano de obra

En la Tabla 4, se detallan los costes asociados a la mano de obra empleada para el desarrollo del proyecto, en base al tarifario marco del Ministerio de Defensa [7]. Además, se han incluido las horas de supervisión por parte del tutor del proyecto.

Mano de obra	Coste (€/ hora)	Cantidad (horas)	Coste total (€)
Ingeniero Junior	41,26 [7]	340	14,028,40
Supervisor	84,23 [7]	20	1,684,60
Subtotal			15,713,00

Tabla 4: Coste presupuestado de la mano de obra.

9.3. Licencias

En la Tabla 5, se detallan los costes asociados a las licencias de software empleadas para el desarrollo del proyecto.

Licencias	Coste (€/ hora)	Cantidad (horas)	Coste total (€)
Adobe Reader Pro	0,1157872 [2]	340	39,37
Overleaf Professional	0,1787234 [39]	340	60,77
Subtotal			100,14

Tabla 5: Coste presupuestado de las licencias de software.

9.4. Presupuesto total

El presupuesto total del proyecto asciende a QUINCE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y UNO CON TREINTA Y SIETE EUROS (**15.861,37 €**), el desglose se muestra en la Tabla 6

Categoría presupuestaria	Coste total (€)
Material	48,23
Mano de obra	15,713,00
Licencias	100,14
Subtotal	15,861,37

Tabla 6: Coste presupuestado total del proyecto.

Bibliografía

- [1] AESA (2021). GOBIERNO DE ESPAÑA. OPERACIONES CON UAS/DRONES.
[HTTPS://WWW.SEGURIDADAEREA.GOB.ES/](https://www.seguridadaerea.gob.es/)
- [2] ADOBE (2021). ADOBE READER PRO. [HTTPS://WWW.ADOBE.COM/](https://www.adobe.com/)
- [3] AMAZON PRIME AIR (2022). AMAZON PRIME AIR DRONE. [HTTPS://WWW.AMAZON.COM/](https://www.amazon.com/)
- [4] ANSI (2019). SMALL UNMANNED AERIAL SYSTEMS SERIAL NUMBERS (ANSI/CTA-2063-A)
- [5] BIEK (2021). KEP-STUDIE ANALYSE DES MARKTES IN DEUTSCHLAND.
[HTTPS://WWW.BIEK.DE/](https://www.biek.de/)
- [6] BILL LARKINS (2006). WRIGHT FIELD OCTOBER 1945.
[HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/](https://commons.wikimedia.org/)
- [7] BOE (2018). TARIFAS INGENIERÍA AERONÁUTICA. 16 DE OCTUBRE DE 2018.
- [8] BOE (2021). BOE-A-2001-2343 REAL DECRETO 37/2001.
- [9] BREGUET-RICHET GYROPLANE (1907).MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS, PARIS.
- [10] COMISIÓN EUROPEA (2011). FLIGHTPATH 2050 EUROPE'S VISION FOR AVIATION.
[HTTPS://WWW.ACARE4EUROPE.ORG/](https://www.acare4europe.org/)
- [11] COMISIÓN EUROPEA (2009). DIRECTIVA 2009/48/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, DE 18 DE JUNIO DE 2009, SOBRE LA SEGURIDAD DE LOS JUGUETES.
- [12] COMISIÓN EUROPEA (2019). REGLAMENTO DE DELEGADO (UE) 2019/945 DE LA COMISIÓN DE 12 DE MARZO DE 2019 RELATIVO A LAS NORMAS Y LOS PROCEDIMIENTOS APLICABLES A LA UTILIZACIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS Y LOS OPERADORES DE TERCEROS PAÍSES DE SISTEMAS DE AERONAVES NO TRIPULADAS.
- [13] COMISIÓN EUROPEA (2019). REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2019/947 DE LA COMISIÓN DE 24 DE MAYO DE 2019 RELATIVO A LAS NORMAS Y LOS PROCEDIMIENTOS APLICABLES A LA UTILIZACIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS.

- [14] COMISIÓN EUROPEA (2021). REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2021/666 DE LA COMISIÓN DE 22 DE ABRIL DE 2021 POR EL QUE SE MODIFICA EL REGLAMENTO (UE) N.O 923/2012 EN LO QUE SE REFIERE A LOS REQUISITOS PARA LA AVIACIÓN TRIPULADA QUE OPERA EN EL ESPACIO AÉREO U-SPACE.
- [15] COPERNICUS (2021). CORINE LAND COVER. [HTTPS://LAND.COPERNICUS.EU/](https://land.copernicus.eu/)
- [16] CORUS (2019). U-SPACE CONCEPT OF OPERATIONS - SESAR. [HTTPS://WWW.SESARJU.EU/](https://www.sesarju.eu/)
- [17] DACUS (2021). DRONE DCB CONCEPT AND PROCESS. [HTTPS://DACUS-RESEARCH.EU/](https://dacus-research.eu/)
- [18] DELL (2021). DELL G3 15". [HTTPS://WWW.DELL.COM/](https://www.dell.com/)
- [19] EASA (2015). CONCEPT OF OPERATIONS FOR DRONES. [HTTPS://WWW.EASA.EUROPA.EU/](https://www.easa.europa.eu/)
- [20] EASA (2021). DRONES: NATIONAL AVIATION AUTHORITIES. [HTTPS://WWW.EASA.EUROPA.EU/](https://www.easa.europa.eu/)
- [21] EUROPEAN COURT OF AUDITORS (2019). LA DEFENSA EUROPEA. [HTTPS://WWW.ECA.EUROPA.EU/](https://www.eca.europa.eu/)
- [22] EUROSTAT (2010). AGRICULTURAL CENSUS. [HTTPS://EC.EUROPA.EU/EUROSTAT](https://ec.europa.eu/eurostat)
- [23] EUROSTAT (2021). DATABASE MINING INDUSTRY. [HTTPS://EC.EUROPA.EU/EUROSTAT](https://ec.europa.eu/eurostat)
- [24] EUROSTAT (2021). DATABASE POLICE VEHICLES. [HTTPS://EC.EUROPA.EU/EUROSTAT](https://ec.europa.eu/eurostat)
- [25] EUROSTAT (2021). ENERGY DATABASE. [HTTPS://EC.EUROPA.EU/EUROSTAT](https://ec.europa.eu/eurostat)
- [26] HISTORY TODAY (1958). VOLUME 8 ISSUE 6 JUNE 1958. [HTTPS://WWW.HISTORYTODAY.COM/ARCHIVE/BOMBS-OVER-VENICE](https://www.historytoday.com/archive/bombs-over-venice)
- [27] HOEKSTRA, J.M., R. N. VAN GENT UND R. C. RUIGROK (2002), DESIGNING FOR SAFETY: THE FREE FLIGHT AIR TRAFFIC MANAGEMENT CONCEPT, SAFETY ENGINEERING AND SYSTEM SAFETY, PP. 215-232.
- [28] IBM (2021). BLOCKCHAIN. [HTTPS://WWW.IBM.COM/](https://www.ibm.com/)

- [29] JARUS (2019). SORA: SPECIFIC OPERATIONS RISK ASSESSMENT.
- [30] LEVITATE CAPITAL (2020). THE FUTURE OF THE DRONE ECONOMY.
[HTTPS://LEVITATECAP.COM/](https://levitatecap.com/)
- [31] METROPOLIS (2021). METROPOLIS CONCEPT DESIGN REPORT.
[HTTPS://HOMEPAGE.TUDELFT.NL/](https://homepage.tuelft.nl/)
- [32] NATIONAL MUSEUM OF THE UNITED STATES AIR FORCE (1969). U.S. AIR FORCE RYAN AQM-34L. [HTTPS://WWW.NATIONALMUSEUM.AF.MIL/](https://www.nationalmuseum.af.mil/)
- [33] NATIONAL MUSEUM OF THE UNITED STATES AIR FORCE (2008). US AIR FORCE MQ-1 PREDATOR UNMANNED AERIAL VEHICLE. [HTTPS://WWW.NATIONALMUSEUM.AF.MIL/](https://www.nationalmuseum.af.mil/)
- [34] NATIONAL MUSEUM OF THE UNITED STATES AIR FORCE (2022). KETTERING AERIAL TORPEDO “BUG”. [HTTPS://WWW.NATIONALMUSEUM.AF.MIL/](https://www.nationalmuseum.af.mil/)
- [35] OACI (2005). ANEXO 2 AL CONVENIO SOBRE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL.
- [36] OACI (2007). GESTIÓN DEL TRÁNSITO AÉREO.
- [37] OACI (2019). MANUAL ON REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEMS (RPAS) – ICAO DOC 10019.
- [38] OCDE (2019). THE FUTURE OF WORK. [HTTPS://WWW.OECD.ORG/](https://www.oecd.org/)
- [39] OVERLEAF (2021). OVERLEAF PROFESSIONAL. [HTTPS://WWW.OVERLEAF.COM/](https://www.overleaf.com/)
- [40] PARLAMENTO EUROPEO (2004). REGLAMENTO (CE) N 785/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO DE 21 DE ABRIL DE 2004.
- [41] SESAR JOINT UNDERTAKING (2015). EUROPEAN DRONES OUTLOOK STUDY.
[HTTPS://SESARJU.EU/](https://sesarju.eu/)
- [42] SESAR JOINT UNDERTAKING (2015). PLAN MAESTRO ATM EUROPEO.
[HTTPS://WWW.SESARJU.EU/](https://www.sesarju.eu/)
- [43] SESAR JOINT UNDERTAKING (2017). U-SPACE BLUEPRINT BROCHURE.
[HTTPS://WWW.SESARJU.EU/](https://www.sesarju.eu/)

-
- [44] SESAR JOINT UNDERTAKING (2020). EUROPEAN ATM MASTER PLAN.
[HTTPS://WWW.ATMMASTERPLAN.EU](https://www.atmmasterplan.eu)
- [45] SESAR JOINT UNDERTAKING (2022). PÁGINA WEB PROYECTO SESAR.
[HTTPS://WWW.SESARJU.EU/](https://www.sesarju.eu/)
- [46] SKYGRID (2021). WHITEPAPER. [HTTPS://WWW.SKYGRID.COM/](https://www.skygrid.com/)
- [47] VOLPE NATIONAL (2013). UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM (UAS) SERVICE DEMAND 2015 - 2035. [HTTPS://WWW.ECA.EUROPA.EU/](https://www.eca.europa.eu/)