



Implementación de Drones para la Seguridad de Naves Privadas: Proceso y Documentación para Operación en Categoría Específica bajo régimen de Autorización

Trabajo Fin de Grado en Gestión Aeronáutica

Realizado por

Judith Fernández López

y dirigido por

Romualdo Moreno Ortiz

Escuela de Ingeniería

Sabadell, junio de 2024



El abajo firmante, **Romualdo Moreno Ortiz**,
profesor de la Escuela de Ingeniería de la UAB,

CERTIFICA:

Que el Trabajo al que corresponde la presente memoria
ha sido realizado bajo su dirección por
Judith Fernández López

Y para que conste firma la presente.

Sabadell, Junio de 2024

Firmado: **Romualdo Moreno Ortiz**



La abajo firmante, ***Marta Fàbrega Soteras***,

tutora del Trabajo de Fin de Grado, designada por
DRONEPORT EUROPE S.L.

CERTIFICA:

Que el Trabajo al que corresponde la presente memoria
ha sido realizado bajo su dirección por

Judith Fernández López

Y para que conste firma la presente.

Sabadell, Junio de 2024

Firmado: ***Marta Fàbrega Soteras***

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a la empresa EU Drone Port por la oportunidad de colaborar en este proyecto innovador. Agradezco especialmente a Marta Fàbrega por su valiosa orientación y tutela, transmitiéndome tantos conocimientos, y, por supuesto, a Marc Beltran y Albert Zoroa por confiar en mí para desarrollar esta investigación.

También deseo agradecer a mi tutor, Romualdo Moreno, por su constante soporte, consejos y guía durante todo el proceso.

Finalmente, gracias a mis padres por su incondicional apoyo.

HOJA DE RESUMEN - TRABAJO DE FIN DE GRADO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA

| | |
|---|-----------------------------|
| Título del Trabajo de Fin de Grado: Implementación de Drones para la Seguridad de Naves Privadas: Proceso y Documentación para Operación en Categoría Específica bajo régimen de Autorización. | |
| Autora: Judith Fernández López | Fecha: Junio de 2024 |
| Tutor: Romualdo Moreno Ortiz | |
| Titulación: Grado en Gestión Aeronáutica | |
| Palabras clave <ul style="list-style-type: none">● Català: dron, operació automàtica, sistema de niu, autorització operacional, avaluació de riscos, metodologia SORA, vigilància● Castellano: dron, operación automática, sistema de nido, autorización operacional, evaluación de riesgos, metodología SORA, vigilancia● English: drone, automatic operation, drone in a box, operational authorization, risk assessment, SORA methodology, surveillance | |
| Resumen del Trabajo de Fin de Grado <p>Català: El present projecte defineix una proposta amb drons com a mètode alternatiu per a la seguretat de naus industrials privades. Es proposa l'aplicació de l'innovador sistema d'estació de drons mitjançant el qual s'ofereix la possibilitat de realitzar operacions automàtiques en les quals el pilot deslocalitzat, des d'un centre de control, realitza el seguiment de l'operació de vigilància. Perquè sigui possible la implementació de la proposta, s'exposa tot el procés d'elaboració de la documentació d'una autorització operacional necessària amb la qual les empreses de seguretat podran ser autoritzades per a dur a terme aquesta proposta altament innovadora i eficient. Es desenvolupen els passos que estableix la metodologia SORA mitjançant la qual s'avaluen i es mitiguen els riscos en terra i aire de l'operació proposada fins a l'autorització per les autoritats de seguretat aèria.</p> <p>Castellano: El presente proyecto define una propuesta con drones como método alternativo para la seguridad de naves industriales privadas. Se propone la aplicación del innovador sistema de estación de drones mediante el cual se ofrece la posibilidad de realizar operaciones automáticas en las cuales el piloto deslocalizado, desde un centro de control, realiza el seguimiento de la operación de vigilancia. Para que sea posible la implementación de la propuesta, se expone todo el proceso de elaboración de la documentación de una autorización operacional necesaria con la cual las empresas de seguridad podrán ser autorizadas para llevar a cabo esta propuesta altamente innovadora y eficiente. Se desarrollan los pasos que establece la metodología SORA mediante la cual se evalúan y se mitigan los riesgos en tierra y aire de la operación propuesta hasta la autorización por las autoridades de seguridad aérea.</p> <p>English: This project defines a proposal with drones as an alternative method for the safety of private industrial warehouses. The application of the innovative drone station system is proposed, through which the possibility of automatic operations is offered in which the delocalized pilot, from a control center, monitors the surveillance operation. In order for the implementation of the proposal to be possible, the entire process of preparing the documentation of a necessary operational authorization with which security companies can be authorized to carry out this highly innovative and efficient proposal is exposed. The steps established by the SORA methodology are developed by which the risks in land and air of the proposed operation are evaluated and mitigated until the authorization by the air safety authorities.</p> | |

ÍNDICE DEL CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 6 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 7 |
| 1. Introducción..... | 8 |
| 1.1 Presentación general del proyecto. Motivación..... | 8 |
| 1.2 Objetivos..... | 9 |
| 1.3 Organización de la memoria..... | 10 |
| 1.4 Tabla de acrónimos..... | 11 |
| 2. Fundamentos teóricos..... | 13 |
| 2.1 Análisis de la normativa y reglamentos de UAS. Antecedentes y futuro..... | 13 |
| 2.2 Introducción a las operaciones con drones según normativa europea..... | 16 |
| 2.2.1 Categoría abierta..... | 17 |
| 2.2.2 Categoría específica: escenario estándar, PDRA, autorización operacional y LUC..... | 17 |
| 2.2.2.1 Escenarios estándar..... | 18 |
| 2.2.2.2 Evaluaciones predefinidas de riesgos (PDRA)..... | 19 |
| 2.2.2.3 Certificado de operador de UAS ligero (LUC)..... | 21 |
| 2.2.2.4 Autorizaciones operacionales (SORA)..... | 21 |
| 2.2.3 Categoría certificada..... | 23 |
| 2.3 Descripción del procedimiento de autorización operacional en escenario estándar..... | 23 |
| 2.3.1 Preevaluación..... | 23 |
| 2.3.2 Metodología SORA - Specific Operations Risk Assessment..... | 24 |
| 2.4 Restricciones de las zonas geográficas (Zonificación)..... | 38 |
| 2.5 Tecnología..... | 40 |
| 2.5.1 Drones..... | 40 |
| 2.5.1.1 Clasificación de drones..... | 42 |
| 2.5.2 Sistema de nido..... | 44 |
| 3. Análisis y determinación de la propuesta..... | 46 |
| 3.1 Definición de la propuesta..... | 46 |
| 3.2 Determinación del tipo de autorización..... | 47 |
| 3.3 Determinación del tipo de operación: autónoma o automática..... | 49 |
| 3.4 Determinación de la tecnología..... | 50 |
| 3.5 Determinación de la categoría operacional..... | 52 |
| 4. Implementación de la documentación necesaria de la propuesta..... | 55 |
| 4.1 Manual de Operaciones..... | 55 |
| 4.2 Estudio Aeronáutico de Seguridad (EAS)..... | 58 |
| 4.3 Caracterización técnica de la tecnología..... | 62 |
| 4.4 Vuelos de prueba..... | 63 |
| 4.5 Procedimientos de coordinación con ATSP..... | 66 |
| 5. Estudio de viabilidad económica..... | 68 |
| 6. Seguridad y protección de datos..... | 70 |
| 7. Conclusiones..... | 71 |
| 8. Apéndices..... | 73 |
| 9. Referencias bibliográficas..... | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Esquema de la evolución normativa en España..... | 15 |
| Figura 2.1: VLOS, EVLOS, BVLOS..... | 16 |
| Figura 2.2: Tabla de integridad de PDRA S-01..... | 20 |
| Figura 2.3: Esquema de la Metodología SORA..... | 22 |
| Figura 2.4: Robustez..... | 22 |
| Figura 2.5: Tipos de operación. Esquema modelo semántico..... | 25 |
| Figura 2.6: Esquema 3D modelo semántico..... | 26 |
| Figura 2.7: Consideraciones del modelo semántico..... | 27 |
| Figura 2.8: Determinación del índice GRC (Ground Risk Class)..... | 28 |
| Figura 2.9: Riesgo en aire..... | 31 |
| Figura 2.10: ARC Inicial..... | 32 |
| Figura 2.11. Esquema “See, Decide, Avoid, Feedback Loop - SDAF loop”..... | 34 |
| Figura 2.12. Determinación del SAIL..... | 35 |
| Figura 2.13. Objetivos de Seguridad Operacional (OSO)..... | 37 |
| Figura 2.14. Espacio aéreo adyacente..... | 38 |
| Figura 2.15: Clases de UAS..... | 43 |
| Figura 2.16. DJI Dock..... | 45 |
| Figura 2.17. Sistema de control DJI Dock..... | 45 |
| Figura 3.1. Flujograma tipos de autorizaciones..... | 48 |
| Figura 3.2. DJI Dock 2 y DJI Matrice 3TD..... | 51 |
| Figura 4.1. Imagen aérea localización..... | 64 |
| Figura 4.2. Imagen nave perfil..... | 64 |
| Figura 4.3. Densidad de población en localización..... | 65 |
| Figura 4.4. ENAIRE Drones de la localización..... | 65 |
| Figura 4.5. Modelo semántico específico..... | 66 |
| Figura 4.6. Plantilla EARO ENAIRE..... | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1: Acrónimos..... | 12 |
| Tabla 2.1: Subcategorías de la categoría abierta..... | 17 |
| Tabla 2.2: STS-01..... | 18 |
| Tabla 2.3: STS-02..... | 19 |
| Tabla 2.4: M1..... | 29 |
| Tabla 2.5: M2..... | 30 |
| Tabla 2.6: M3..... | 30 |
| Tabla 2.7: Mitigaciones estratégicas..... | 31 |
| Tabla 2.8: Mitigaciones tácticas..... | 34 |
| Tabla 5.1: Costes de la propuesta con drones..... | 68 |
| Tabla 5.2: Costes de la propuesta método tradicional de seguridad..... | 69 |
| Tabla 8.1: Anexos..... | 73 |

1.Introducción

1.1 Presentación general del proyecto. Motivación.

Hoy en día, los drones desempeñan un papel significativo para la sociedad gracias a sus numerosas aplicaciones, que van desde operaciones de fotografía y filmación hasta situaciones de emergencia en las que pueden desarrollar acciones de búsqueda y salvamento, incluso en lugares inaccesibles de otro modo. Es por este motivo que el uso de drones ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, abriendo nuevas posibilidades en múltiples sectores, que abarcan desde la agricultura hasta la cinematografía. Sin embargo, este crecimiento también ha planteado desafíos significativos en términos de seguridad, privacidad y regulación. En respuesta a esta creciente necesidad, el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un marco integral de autorización operativa para drones, con el fin de promover un uso seguro, responsable y eficiente de esta tecnología emergente.

La elección del tema de mi TFG relacionado con drones está profundamente arraigada en mi interés por el futuro y la innovación en el sector aeronáutico. Como estudiante de Gestión Aeronáutica, he mostrado siempre interés en los avances tecnológicos que están remodelando la industria, y estoy convencida de que los drones desempeñarán un papel crucial en el futuro próximo. La versatilidad de los drones, junto con la continua evolución y la innovación en este campo, son algunas de las razones principales por las que me entusiasma desarrollar este proyecto.

Mi fascinación por este campo se ha incrementado significativamente tras mis prácticas curriculares en una empresa de gestión de drones. Esta motivación se ve impulsada no solo por el interés académico, sino también por la convicción de que los drones, correctamente operados, pueden transformar diversas áreas de nuestra vida cotidiana. Mi objetivo es contribuir al desarrollo de un marco seguro y eficiente para su implementación, asegurando que estos avances tecnológicos sean tanto viables como beneficiosos para la sociedad.

En este proyecto he querido profundizar en su aplicación para la vigilancia de naves privadas, en la que se planteará un enfoque novedoso, que conlleva una revisión y actualización de los sistemas tradicionales de seguridad. Para ello, se plantea un sistema exclusivo o híbrido, que en ocasiones complemente o reemplace las tareas de los vigilantes, con la posibilidad de visionar amplios espacios desde una perspectiva aérea e introduciendo innovadores sistemas de detección (como cámaras térmicas), con visionado remoto (que permite controlar diversas instalaciones simultáneamente), y que permitirá obtener imágenes probatorias sin poner en riesgo la integridad física del personal de seguridad.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del estudio es elaborar y explicar el procedimiento necesario para obtener una autorización operacional de vuelo que permita realizar operaciones de UAS (Sistemas Aéreos No Tripulados) utilizando nidos de drones. Estas operaciones tienen como propósito la ejecución de tareas de vigilancia y seguridad en naves industriales (áreas urbanas) distribuidas en diferentes ubicaciones de España que se controlan desde un centro de control en Barcelona.

Objetivos Secundarios:

1. Desarrollo del procedimiento: Explicar paso a paso el procedimiento completo para la obtención de la autorización operacional de vuelo, abordando aspectos técnicos, logísticos y normativos, así como justificando el porqué de cada decisión.
2. Cumplimiento de regulaciones europeas: Analizar y adaptar las operaciones propuestas al marco normativo de la Unión Europea, en particular a los Reglamentos 2019/945 y 2019/947, que entraron en vigor el 31 de diciembre de 2020.
3. Superación de limitaciones actuales: Identificar y abordar las limitaciones existentes en las autorizaciones otorgadas por las autoridades de seguridad para una operación con un sistema de nido en un entorno urbano. Buscar soluciones y medidas de mitigación de riesgos que permitan llevar a cabo la actividad propuesta.
4. Estudio de viabilidad del proyecto planteado: estudio y elección entre una operación autónoma o una operación automática.
5. Estudio y justificación de la elección del procedimiento de autorización elegido: operaciones en categoría abierta, categoría específica, PDRA o categoría certificada.
6. Contribución a la evolución normativa: Proporcionar recomendaciones que puedan contribuir al desarrollo de regulaciones específicas que permitan de manera efectiva y segura la operación propuesta en entorno urbano.
7. Comparativa económica entre un sistema de vigilancia tradicional y la propuesta con un sistema de drones.

1.3 Organización de la memoria

El proyecto está organizado siguiendo la siguiente estructura:

1. Introducción

En la introducción de este proyecto se incluye una presentación general del trabajo, donde se describe brevemente el tema principal y la relevancia del sector de los drones actualmente. Se expone cuál ha sido la motivación que me impulsó a la realización de este proyecto y el reto con drones que se pretende resolver. A continuación, se detallan los objetivos, tanto el principal como los secundarios, que se quieren alcanzar.

2. Fundamentos teóricos

En este apartado se examinarán las regulaciones de UAS desde sus inicios hasta la actualidad, presentando también la dirección del futuro. Además, se definirán los diferentes escenarios operacionales en los que actualmente se clasifican las operaciones con drones y todos los procedimientos que se deben seguir para poder operar de manera segura. También se presentarán los tipos de drones y otra tecnología disponible para las operaciones.

3. Análisis y determinación de la propuesta

En este apartado se presentará un análisis detallado de la propuesta y se procederá a delimitar los aspectos más importantes de la propuesta del proyecto, incluyendo la definición de la propuesta con sus objetivos principales, decisiones sobre qué tipo de operación se debe implementar, investigar bajo qué escenario operacional definido por EASA se enmarca la propuesta. Además, se analizará la tecnología actual del sector de los drones que permita llevar a cabo la propuesta eficientemente.

4. Implementación y elaboración de la propuesta

En el cuarto capítulo se presentan los documentos necesarios que se deben llevar a cabo para la implementación de la propuesta. Se desarrollarán los razonamientos que se han efectuado durante la elaboración de la documentación que se encuentra anexa a la memoria. Por otro lado, se desarrolla un estudio económico que compara la propuesta del proyecto con la propuesta tradicional de vigilancia.

5. Conclusiones

En esta sección se evaluará si se han cumplido los objetivos del proyecto, se reflexionará sobre el futuro de los UAS y la evolución de la normativa referente a los drones. Además, se plantearán posibles proyectos futuros para investigar las preocupaciones del sector de los drones, especialmente en relación con las normativas de seguridad y los aspectos éticos.

1.4 Tabla de acrónimos

| | | |
|---------------|---------------------------------------|--|
| AESA | | Agencia Estatal para la Seguridad Aérea |
| AGL | Above Ground Level | Altura sobre el nivel del suelo |
| AIP | Aeronautical Information Publication | Publicación de Información Aeronáutica |
| AMC | Acceptable Means of Compliance | Medios aceptables de cumplimiento |
| ANSP | Air Navigation Service Provider | Proveedor de servicios de navegación |
| AO | Airspace Observer | Observador del espacio aéreo |
| ARC | Air Risk Class | Categoría de riesgo en aire |
| ATC | Air traffic control | Control del tráfico aéreo |
| ATZ | Aerodrome traffic zone | Zona de tránsito de aeródromo |
| BVLOS | Beyond Visual Line Of Sight | Vuelo más allá del alcance de la vista |
| C2 | Command and Control | Enlace de mando y control |
| C3 | Command, Control and Communication | Enlace de mando, control y comunicaciones |
| ConOps | Concept Of Operations | Concepto de Operaciones |
| CRM | Crew Resource Management | Gestión de recursos humanos |
| CTR | Controlled Traffic Region | Espacio aéreo controlado |
| DAA | Detect And Avoid | Sistema detectar y evitar |
| EARO | | Evaluación y Atenuación del Riesgo Operacional |
| EASA | European Union Aviation Safety Agency | Agencia Europea de seguridad aérea |
| ERM | Emergency Response Manager | Gestor de la respuesta a la emergencia |
| ERP | Emergency Response Plan | Plan de Respuesta a Emergencias |
| ERT | Emergency Response Team | Equipo de respuesta a la emergencia |
| FIZ | Flight Information Zone | Zona de información de vuelo |
| FL | Flight Level | Nivel de vuelo |
| GM | Guidance Material | Material Guía |

| | | |
|--------------|--|---|
| GNSS | Global Navigation Satellite System | Sistema Global de Navegación por Satélite |
| GRC | Ground Risk Class | Categoría de riesgo en tierra |
| HMI | Human-Machine Interface | Interfaz Hombre Máquina |
| JARUS | Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems | Unión de autoridades para la reglamentación de sistemas no tripulados |
| MCC | Multiple Crew Coordination | Coordinación de la tripulación múltiple |
| METAR | MEteorological Aerodrome Report | Informe Meteorológico Aeronáutico |
| MO | | Manual de operaciones |
| MTOM | Maximum Take Off Mass | Masa Máxima al Despegue |
| NOTAM | Notice to Airmen | Aviso a navegantes |
| OSO | Operational Security Objectives | Objetivos de seguridad operacional |
| PDRA | Predefined Risk Assessment | Evaluación del riesgo operacional predefinida |
| PIC | Pilot In Charge | Piloto al mando |
| RTH | Return to Home | Retorno a casa (función de seguridad del UA) |
| SAIL | Specific Assurance and Integrity Levels | Niveles Específicos de Aseguramiento e Integridad |
| SORA | Specific Operations Risk Assessment | Evaluación de riesgos en categoría específica |
| TAF | Terminal Aerodrome Forecast | Pronóstico de Aeródromo |
| TCAS | Traffic Collision Avoidance System | Sistema de prevención de colisiones de tráfico aéreo |
| TMPR | Tactical Mitigation Performance Requirement | Requisito de rendimiento de mitigación táctica |
| TRA | Temporary Reserved Area | Zona temporalmente reservada |
| TSA | Temporary Segregated Area | Zona temporalmente segregada |
| UA | Unmanned aircraft | Aeronave no tripulada |
| UAS | Unmanned Aircraft System | Sistema de aeronave no tripulada |
| VLOS | Visual Line Of Sight | Vuelo al alcance de la vista |
| VO | Visual Observer | Observador visual |

Tabla 1.1. Acrónimos. [17]

2. Fundamentos teóricos

2.1 Análisis de la normativa y reglamentos de UAS. Antecedentes.

➤ INICIOS

El objetivo de este proyecto es profundizar en un tipo de operación con drones que aún no está permitido por la normativa vigente. Por lo tanto, es esencial proporcionar una visión detallada del estado actual de la normativa sobre UAS y entender sus antecedentes normativos. Dado que este estudio se enfoca en unas operaciones con la intención de desarrollarse en España, se considerará el marco normativo tanto español como europeo para orientar el análisis y desarrollo de la operación con drones.

Hasta el año 2014, en España no existía una regulación específica para el uso de RPAS. Las primeras menciones sobre aeronaves no tripuladas aparecieron en el **Real Decreto 552/2014** de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea. Sin embargo, dado que cada vez había más drones y eran más las aplicaciones que se descubría que los drones podían ofrecer, era necesario establecer una base normativa que garantizara seguridad en las operaciones [1].

➤ NECESIDAD DE UNA NUEVA NORMATIVA PARA UAS

A finales del año 2014 se aprueba la primera regulación relacionada con RPAS en la **Ley 18/2014** de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia. En el artículo 50 se establece el primer marco regulatorio para el uso de drones en España, en el cual se adoptan medidas relacionadas con la necesidad de identificación de los drones mediante su inscripción en el Registro de matrícula de aeronaves y la necesidad de posesión del certificado de aeronavegabilidad para aquellos drones que exceden los 25 Kg de MTOW. Además, se establecen los requisitos mínimos exigibles para la seguridad en las operaciones y se especifican los requisitos del piloto en remoto [2]. Esta ley se complementa con la Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea.

➤ ACTUAL MARCO NORMATIVO

A finales de 2017, se aprueba el **Real Decreto 1036/2017**. Este decreto es clave ya que establece un marco por el que se regula el uso civil de RPAS en España y, deroga el artículo 50 de la Ley 18/2014 [3].

Y finalmente en 2019, EASA establece el **Reglamento de ejecución (UE) 2019/947** y el **Reglamento Delegado (UE) 2019/945** de la actual normativa comunitaria. También, EASA publica la Guía Material (GM) y Medios Aceptables de Cumplimiento (AMC) para una mejor

comprensión de estos reglamentos. Gracias a estas normas se consigue la necesaria estandarización en materia de UAS para todos los estados miembros. Hoy en día este es el marco normativo por el que se basan todas las operaciones de UAS [4].

En el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 se establecen normas relacionadas con:

- Requisitos de diseño y fabricación de UAS. Se definen los requisitos para UAS de clase C0, C1, C2, C3 y C4.
- Definición de los tipos de UAS que están sujetos a certificación según su diseño, producción y mantenimiento.
- Normas relacionadas con la comercialización de UAS para categoría abierta y de accesorios de identificación a distancia.
- Normas aplicables a terceros países cuando realicen operaciones de UAS dentro del espacio aéreo europeo del cielo único europeo (Single European Sky) [5].

Este reglamento se modificó por el Reglamento Delegado (UE) 2020/1058 para introducir dos nuevas clases de UAS (C5 y C6), entre otras modificaciones.

En el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 se instauran normas detalladas sobre aspectos como la categorización de drones (abierta, específica y certificada), requisitos de identificación electrónica, requisitos de capacitación de pilotos, limitaciones de vuelo, zonas restringidas, registro de operadores de drones, seguros de responsabilidad civil, entre otros. Ha sido posteriormente modificado por:

- Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639: se incluyeron los requisitos para operaciones en categoría específica bajo un escenario estándar (STS). Este también ha tenido modificaciones [6]:
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746: en el que se aplazan las fechas de aplicación por la pandemia [7].
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1166: en el que se aplazan las fechas de aplicación de los escenarios estándar europeos y el requisito obligatorio de luces verdes nocturnas y el sistema de identificación a distancia [8].

En aquellas áreas en las cuales el Reglamento de Ejecución y el Delegado no regulan, el Real Decreto de UAS tiene potestad en cada uno de los Estados miembros.

➤ FUTURO

Nuevo Real Decreto 517/2024, de 4 de junio, por el que se desarrolla el régimen jurídico para la utilización civil de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).

El nuevo Real Decreto de 4 de junio de 2024 presenta un conjunto de novedades para el uso civil de sistemas de aeronaves no tripuladas, alineado con la normativa europea, que entrará en vigor el 25 de junio de 2024. Este nuevo RD pretende impulsar el sector de los drones, estableciendo nueva normativa que desarrolle el marco normativo del U-Space, entre otros.

Las novedades más destacadas del RD son las siguientes [9]:

1) Operaciones EASA y no EASA

En las operaciones EASA se establece una regulación de la formación necesaria en categoría específica bajo autorización en la que se debe distinguir la figura de instructor, examinador y evaluador. Lo más destacado es la exención del seguro de responsabilidad civil en la categoría abierta. Además, se reduce la edad mínima para operar en categoría abierta, en función de la subcategoría.

Las operaciones no EASA, es decir, aquellas operaciones excluidas del Reglamento (UE) 2018/1139, consisten en operaciones de servicios militares, aduanas, policía... El nuevo RD ha eliminado la limitación operativa de UAS de hasta 25 kg, además, los operadores no EASA podrán auto-autorizarse las operaciones sin necesidad de presentar una solicitud a las autoridades.

2) Zonificación

Se elimina la distinción entre operaciones recreativas y profesionales, por lo tanto, la normativa se aplica de igual manera a todos los vuelos de drones independientemente del propósito. Se establecen excepciones en las operaciones no EASA. Se elimina la necesidad de solicitar coordinación en operaciones de drones en espacio aéreo controlado, siempre que sean operaciones fuera de distancias de seguridad de un aeródromo o por debajo de 60 metros de altura.

3) U-Space

Se plantea un régimen jurídico del Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 sobre el marco regulador para el U-Space. Se designa a la Comisión Interministerial de Defensa y Transporte (CIDETRA) como responsable del espacio aéreo U-Space.



Figura 1.1: Esquema de la evolución normativa en España. [41]

2.2 Introducción a las operaciones con drones según normativa europea

El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 establece tres (3) categorías operacionales según el nivel de riesgo operacional: **abierta, específica y certificada** [4].

El Reglamento no hace distinción según la finalidad del vuelo, por lo tanto se aplican las reglas de vuelo de igual manera a todo tipo de actividades; se distinguen:

- Actividad profesional como aquella operación aérea especializada, comercial o no comercial, en la que se utiliza un UAS para actividades como: fotografía, vigilancia, investigación, publicidad...
- Actividad recreativa como aquella operación deportiva, recreativa, de competición.

Por otro lado, la regulación de UAS Reglamento (EU) 2018/1139 publica las siguientes definiciones que establecen límites entre las categorías operacionales [10]:

- VLOS (*Visual line of sight*)

Operaciones dentro del alcance visual (máximo 500 metros). Operaciones en las que el piloto a distancia mantiene contacto visual directo con la aeronave durante toda la operación, sin necesidad de disponer de instrumentos. El piloto a distancia puede observar la trayectoria del dron e identificar otras aeronaves, personas u obstáculos para evitar colisiones.

- EVLOS (*Extended visual line of sight*)

Operaciones dentro del alcance visual del observador (máximo 500 metros) y en contacto por radio con el piloto.

EVLOS, a efectos de la metodología SORA, debe tratarse como BVLOS.

- BVLOS (*Beyond visual line of sight*)

Operaciones más allá del alcance visual. Operaciones en las que no se realizan dentro del alcance visual directo del piloto a distancia.

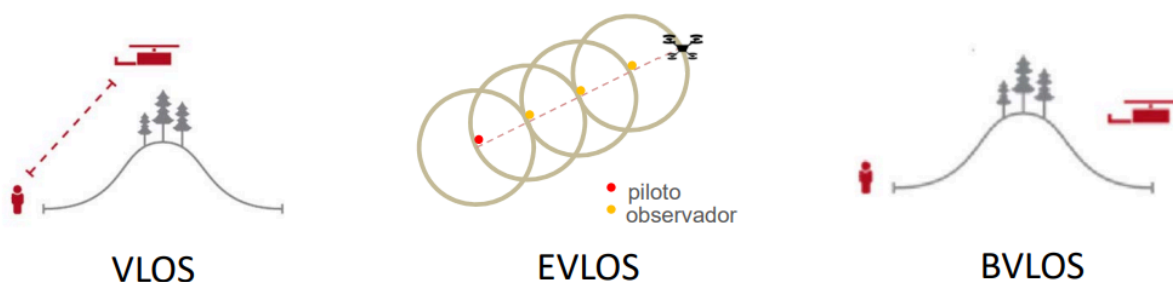


Figura 2.1: VLOS, EVLOS, BVLOS. [42]

2.2.1 Categoría abierta

La categoría abierta hace referencia a las operaciones con drones de **bajo** riesgo. Esta categoría no exige ninguna autorización operacional ni una declaración por parte del operador del UAS antes de realizar el vuelo.

Esta categoría se caracteriza por:

- UAS con una MTOM de 250 g o más o que, en el caso que se produzca una colisión, pueda transmitir a un humano una energía cinética mayor a 80 J.
- Vuelo manteniendo el UAS en VLOS.
- Altura máxima de vuelo de 120 m
- El UAS no puede dejar caer artículos ni transportar mercancías peligrosas durante el vuelo [4].

Se divide en tres subcategorías [11]:

| | |
|------------------------|---|
| Subcategoría A1 | Vuelo permitido sobre personas no participantes pero no permitido sobre multitudes. UAS con un MTOM inferior a 900 g. UAS con etiqueta de marcado de clase C0, C1, de construcción propia o Legacy<250g. |
| Subcategoría A2 | Vuelo cerca de personas, UAS con un MTOM inferior a 4 kg. UAS con etiqueta de marcado de clase C2. |
| Subcategoría A3 | Vuelo lejos de personas. UAS con un MTOM inferior a 25 kg. UAS con etiqueta de marcado de clase C3, C4, de construcción propia o Legacy>250g. |

Tabla 2.1. Subcategorías de la categoría abierta. [11]

2.2.2 Categoría específica: escenario estándar, PDRA, autorización operacional y LUC

La categoría específica hace referencia a las operaciones con drones con riesgo **medio** que no son posibles de realizar en categoría abierta. Este tipo de categoría permite realizar una gran variedad de operaciones, desde volar enjambres de drones para espectáculos de luces hasta entregas de paquetería con drones.

Esta categoría exige que el operador de UAS tiene que solicitar y obtener una autorización operacional a la autoridad competente o bien presentar una declaración que se ajuste a un escenario estándar [4].

Cualquier autorización en categoría específica está sujeta a una evaluación del riesgo previo mediante la metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment). Esta evaluación estimará el nivel de riesgo en todas las fases del vuelo y nos informará sobre cuáles son las medidas de mitigación de riesgos de este. Una vez efectuada la evaluación del riesgo se obtiene un valor denominado SAIL. Este valor determinará qué vía de la categoría específica se debe adoptar.

La categoría específica presenta tres (3) vías según el riesgo que presentan las operaciones [11]:

2.2.2.1 Escenarios estándar

Un escenario estándar es una operación predefinida por EASA. El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 define dos tipos de escenarios estándar: STS-01 y STS-02. Estos dos escenarios se caracterizan por presentar un valor SAIL I y II, es decir, un nivel de riesgo bajo [4].

Cada uno de estos escenarios define un tipo de operación con unas características específicas sobre qué aeronaves se pueden utilizar y cuáles son los requisitos de formación del piloto remoto, entre otros.

Cuando un operador de UAS desee realizar una operación, en primer lugar tendrá que comprobar si puede acogerse a uno de los dos escenarios estándares que presenta EASA. En el caso que cumpla con todos los requisitos definidos en el propio STS, el operador de UAS podrá acogerse a él.

| STS-01: VLOS sobre un área terrestre controlada en un entorno poblado | |
|--|--|
| Límites operacionales | <ul style="list-style-type: none"> • Operaciones en <u>VLOS</u> • Velocidad respecto al suelo inferior a 5 m/s • Prohibido transportar mercancías peligrosas |
| Límites verticales | <ul style="list-style-type: none"> • Altura máxima de 120 m |
| Límites horizontales | <p>Es necesario definir una zona terrestre controlada constituida por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zona de Geografía de Vuelo • Zona de Contingencia • Búfer de seguridad para riesgos en tierra |
| Competencias del piloto | <ul style="list-style-type: none"> • disponer del certificado de competencias teóricas para operaciones STS y • del certificado de superación de competencias prácticas para STS-01. |
| Aeronave | <ul style="list-style-type: none"> • Con marcado de clase C5. |

Tabla 2.2. STS-01. [13]

| STS-02: BVLOS con observadores del espacio aéreo sobre un área controlada | |
|--|---|
| Límites operacionales | <ul style="list-style-type: none"> ● Operación en VLOS en despegue y aterrizaje ● Se podrá llevar BVLOS del piloto si se sigue una trayectoria previamente programada ● Prohibido transportar mercancías peligrosas |
| Límites verticales | <ul style="list-style-type: none"> ● Altura máxima de 120 m |
| Límites horizontales | <p>Es necesario definir una zona terrestre controlada en un entorno escasamente poblado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Zona de geografía de vuelo ● Zona de contingencia ● Buffer de seguridad para riesgos en tierra |
| Competencias del piloto | <ul style="list-style-type: none"> ● disponer del certificado de competencias teóricas para las operaciones STS y ● disponer del certificado de superación de competencias prácticas para el escenario STS-02. |
| Aeronave | <ul style="list-style-type: none"> ● Con marcado de clase C6. |

Tabla 2.3. STS-02. [13]

Para acogerse a un STS, el operador de UAS tendrá que presentar una declaración operacional a la autoridad, en la cual el operador declarará que cumple con todos los requisitos del STS. En el momento que la autoridad confirme la recepción e integridad del documento, el operador de UAS podrá empezar la operación.

Por otro lado, la Comunidad Europea propone a los Estados miembros que definan escenarios estándares nacionales que sean aplicables únicamente en ese estado miembro. En España se han definido dos escenarios estándares que tienen validez hasta finales de 2025. Se ha definido el STS-ES-01 a aquellas operaciones dentro del escenario estándar nacional 01 y se ha definido STS-ES-02 a aquellas operaciones dentro del escenario estándar nacional 02. A partir de 2026, en España únicamente se aplicarán los estándares europeos STS-01 y STS-02.

2.2.2.2 Evaluaciones predefinidas de riesgos (PDRA)

Una segunda opción es acogerse a una PDRA. Una PDRA es una Evaluación de Riesgos Predefinida sobre un escenario operacional del cual EASA ya ha hecho su evaluación de riesgo. Las PDRAs se publican como medio aceptable de cumplimiento del artículo 11 del Reglamento (UE) 2019/947 [4].

EASA proporciona una guía de cómo se debe hacer el estudio de seguridad de la operación. Actualmente se han publicado cinco (5) tipos de PDRA [12].

- **PDRA S**

Aquellas que se basan en un escenario estándar publicado pero que no han cumplido con la totalidad de requisitos del STS.

- PDRA S-01 - Para trabajos agrícolas, operaciones de carga de corto alcance.
- PDRA S-02 - Para vigilancia, trabajos agrícolas, operaciones de carga de corto alcance.

- **PDRA G:**

Aquellas que no se basan en un escenario estándar publicado.

- PDRA G-01: vigilancia, operaciones de carga de largo alcance.
- PDRA G-02: toda la gama de operaciones.
- PDRA G-03: inspecciones lineales, trabajos agrícolas.

En el caso que el operador encuentre una PDRA que se ajuste a las características de su vuelo, el operador deberá desarrollar una evaluación del riesgo mediante la metodología SORA siguiendo todos los puntos que ya están predefinidos en la PDRA seleccionada. Además tendrá que rellenar una tabla proporcionada por EASA en la que declara integridad por cada uno de los requisitos predefinidos en la PDRA.

Debido al creciente número de operaciones de UAS en los últimos años, EASA está actualmente desarrollando nuevos tipos de PDRA que serán publicados en un futuro próximo.

| PDRA characterisation and conditions | | | | |
|--|------------------|---|---|-------------------------|
| Topic | Method of proof | Condition | Integrity ¹⁶ | Proof ¹⁶ |
| 1. Operational characterisation (scope and limitations) | | | | |
| Level of human intervention | Self-declaration | 1.1 No autonomous operations: the remote pilot should have the ability to maintain control of the UA, except in case of a loss of the command-and-control (C2) link. | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| | | 1.2 The remote pilot should operate only one UA at a time. | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| | | 1.3 The remote pilot should not operate the UA from a moving vehicle. | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| | | 1.4 The remote pilot should not hand the control of the UA over to another command unit. | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| UA range limit | Self-declaration | 1.5 UAS operations should be conducted: | | |
| | | 1.5.1 keeping the UA in sight of the remote pilot during the launch and recovery of the UA, unless the recovery of the UA is the result of an emergency flight termination; | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| | | 1.5.2 if no airspace observer (AO) is employed in the operation, with the UA no further than 1 km from the remote pilot; and | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| | | 1.5.3 if one or more AOs are employed in the operation, with the UA no further than 2 km from the remote pilot. | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |
| Areas of overflow areas | Self-declaration | 1.6 UAS operations should be conducted over a controlled ground area. | Please include a reference to the relevant chapter/section of the OM. | 'I declare compliance.' |

Figura 2.2. Tabla de integridad de PDRA S-01. [12]

2.2.2.3 Certificado de operador de UAS ligero (LUC)

En último lugar, el operador puede optar por obtener un certificado LUC. Esta es una opción operativa que si se obtiene otorga ciertos beneficios al titular. Uno de los beneficios más significativos es la capacidad de iniciar operaciones en una categoría específica sin necesidad de autorización operativa por parte de la autoridad, es decir, el propio operador puede autorizarse a sí mismo en la categoría operacional del certificado LUC [13].

La disponibilidad de un certificado LUC marca un cambio fundamental en la eficacia de los servicios de drones aéreos, garantizando al mismo tiempo condiciones de seguridad. Este certificado puede ahorrar una cantidad considerable de tiempo al acelerar el proceso que, de otra manera, detendría cualquier trabajo a la espera de la formalización y aprobación de una autorización.

Este certificado puede otorgar la facultad de autorizar uno o varios tipos de operaciones, como pueden ser las operaciones descritas a continuación [11]:

- Autorizaciones basadas en una Evaluación Predefinida de Riesgos (PDRA) que, de otro modo, requerirían una autorización.
- Autorizaciones basadas en modificaciones de una STS, en el caso que no se hagan cambios en el Concepto de Operaciones (ConOps), la categoría de los drones utilizados o las competencias de los pilotos remotos.
- Autorizaciones que no corresponden a un PDRA, sino que se inscriben en un tipo de actividad previamente ejecutada por el operador del UAS.

2.2.2.4 Autorizaciones operacionales (SORA)

En el caso de que el operador de UAS no pueda acogerse a un escenario estándar ni encontrar ninguna PDRA que se adapte a las características de la operación, el operador tendrá que elaborar un **estudio de seguridad aeronáutico** por cuenta propia.

Se trata de un estudio de análisis de riesgos para tomar decisiones a la hora de plantear situaciones (AESAs). Este documento incluye evidencias que soportan este estudio y debe de estar firmado por las personas responsables y terceras partes implicadas.

El operador puede elegir desarrollar este estudio con la **metodología SORA**, la metodología recomendada por EASA para aquel tipo de operaciones que presenten cierto nivel de riesgo.

La metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment) es un modelo de riesgo holístico (HRM) diseñado para evaluar el nivel de riesgo en una operación de RPAS. Este presenta un esquema genérico que ayuda al operador a identificar peligros y amenazas de la operación. A partir de la identificación de estos, se definen un conjunto de mitigaciones para reducir el riesgo de la operación [13].

A continuación, se presenta un esquema de la metodología SORA [13]:

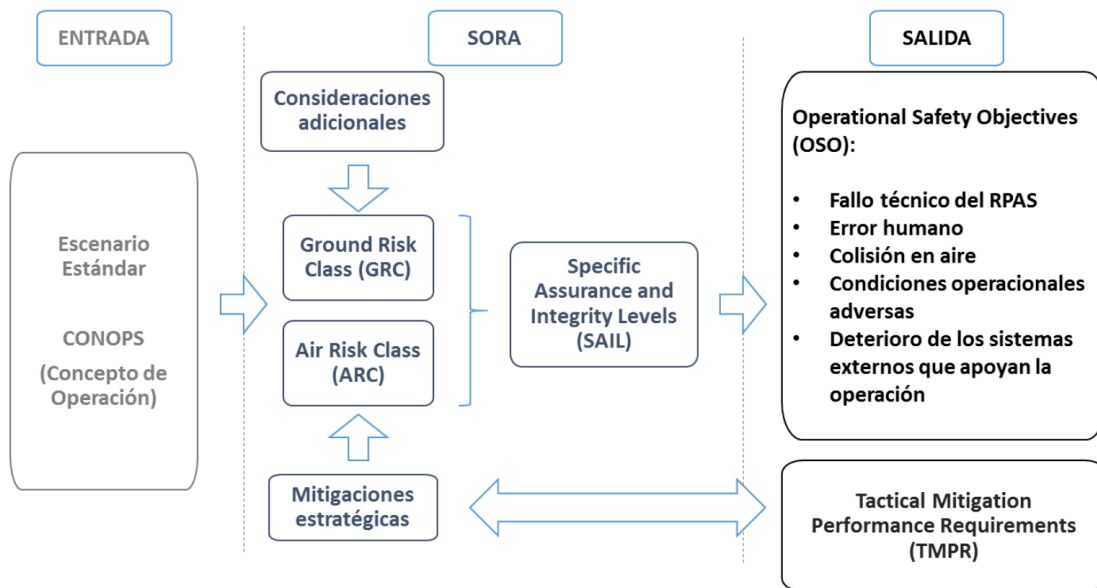


Figura 2.3. Esquema de la Metodología SORA. [42]

ROBUSTEZ

En esta evaluación del riesgo operacional es importante el concepto de **robustez**. Cualquier mitigación u objetivo de seguridad operativa puede demostrarse con el nivel de robustez.

La robustez representa la capacidad de una mitigación determinada de reducir el nivel de riesgo. La metodología SORA establece tres niveles diferentes de robustez: bajo, medio y alto. El nivel de robustez se obtiene mediante la combinación de [13]:

Nivel de integridad

Se define como el nivel de seguridad que proporciona cada mitigación. Se diferencian tres niveles: bajo, medio y alto.

Nivel de garantía

Se define como la justificación o prueba de que se ha llegado al nivel de seguridad necesario. Se diferencian tres niveles: bajo, medio y alto.

- Bajo: se declara que se ha conseguido el nivel de integridad requerido.
- Medio: se declara mediante la aportación de pruebas que se ha conseguido el nivel de integridad requerido.
- Alto: una tercera parte competente valida la integridad conseguida.

| | Garantía Baja | Garantía Media | Garantía Alta |
|------------------|---------------|----------------|----------------|
| Integridad Baja | Robustez Baja | Robustez Baja | Robustez Baja |
| Integridad Media | Robustez Baja | Robustez Media | Robustez Media |
| Integridad Alta | Robustez Baja | Robustez Media | Robustez Alta |

Figura 2.4. Robustez. [16]

2.2.3 Categoría certificada

La categoría certificada se refiere a las operaciones con drones que implican un nivel de riesgo más elevado. Estos vuelos son similares a los utilizados en la aviación tripulada e incluyen operaciones avanzadas y futuristas, como los taxis aéreos.

Para garantizar la seguridad, se aplica un enfoque similar al de la aviación tripulada. Esto implica que las aeronaves deben estar certificadas, que los operadores de UAS deben obtener la aprobación de operador por parte de la autoridad competente, y que los pilotos remotos deben poseer una licencia de piloto.

Las operaciones en la categoría certificada se caracterizan por [14]:

- Volar sobre concentraciones de personas con un UAS con dimensiones mayores a 3 m.
- Transportar mercancías peligrosas que presentan alto riesgo para terceras personas en caso de accidente.
- Transportar personas.

Además, las operaciones se pueden clasificar como certificadas en el caso que la autoridad competente considere que el riesgo de la operación, después de realizar la evaluación de riesgos, es tan alto que no podría mitigarse apropiadamente sin la certificación.

2.3 Descripción del procedimiento de autorización operacional en escenario estándar

2.3.1 Preevaluación

Antes de elaborar un estudio SORA, el operador de UAS debe hacer una preevaluación [13]:

- 1) Si la operación entra en la categoría abierta.
- 2) Si la operación está cubierta por un escenario estándar reconocido por la autoridad competente.
- 3) Si la operación se enmarca en una de las plantillas de PDRA.
- 4) Si la operación entra en categoría certificada.
- 5) Si la operación está sujeta a una específica NO-GO de la autoridad competente.

En el caso que no se aplique ningún escenario mencionado, entonces se elaborará el estudio SORA de una autorización operacional.

Para las autorizaciones operacionales:

2.3.2 Metodología SORA - Specific Operations Risk Assessment

La Unión Europea ha elegido la **metodología SORA** como método para cumplir con los requisitos de seguridad en operaciones específicas con drones. Esta es la metodología creada por JARUS (*Joint Authorities Rulemaking on Unmanned Systems*).

Consiste en una metodología de diez pasos para la clasificación del riesgo operacional. Esta documentación sirve de guía para el operador y para la autoridad competente para determinar si una operación puede llevarse a cabo de manera segura.

En estos pasos se evalúan todo tipo de amenazas asociadas a un peligro específico y las mitigaciones operativas propuestas para una operación específica. Esto permite al operador de UAS establecer unos niveles de riesgo aceptables y validar que la operación de UAS deseada cumple con estos niveles. En resumen, esta metodología permite al operador evaluar y realizar una operación con UAS lo más segura posible.

SORA es un Modelo de Riesgo Holístico que presenta un marco genérico que ayuda al operador a identificar los peligros, las amenazas, las mitigaciones y los objetivos de seguridad de la operación deseada. La metodología SORA ha estandarizado una terminología para las fases de operación, procedimientos y volúmenes operacionales [15].

A continuación, se detallan los pasos que define la metodología SORA [16]:

PASO #1 CONCEPTO DE OPERACIÓN (ConOps)

El operador define de manera clara y concisa la operación que desea realizar. Se detalla toda la información técnica, operativa y del sistema que será necesaria para evaluar el riesgo asociado a la operación. Para ello, EASA define los siguientes apartados que debe detallar de manera simple:

- Tipo de operación: VLOS, BVLOS
- MTOM y otras características relevantes de la aeronave
- Tipo de espacio aéreo: EAC, FIZ, TSA, TRA...
- Altura máxima de vuelo del dron
- Tipo de zona donde se desarrolla la operación, es decir, la densidad de población a sobrevolar: zona poblada, escasamente poblada, lejos de personas o grupos de personas
- Nivel de participación de la tripulación: operación autónoma o no autónoma
- Tripulación mínima para la operación: pilotos, observadores, personal auxiliar
- Horario: diurno o nocturno, o ambos.
- Zonas geográficas
- Condiciones ambientales

El ConOps es un sistema iterativo, es decir, a lo largo del desarrollo del SORA podrían detectarse mitigaciones y limitaciones adicionales que supondría hacer una actualización del ConOps.

Descripción del modelo semántico

Por otro lado, el Concepto de Operación define el **Modelo Semántico** de la operación. Existen dos clasificaciones de tipos de vuelos de UAS definidos por el modelo semántico: operaciones controladas y operaciones no controladas. A continuación se muestra un esquema de los tipos de operación:



Figura 2.5. Tipos de operación. Esquema modelo semántico. [42]

1) Operación controlada

Operación en la que el operador de UAS tiene el control total de los drones, por lo tanto, el riesgo operativo es menor. Encontramos dos situaciones:

- Operación normal: se aplican procedimientos estándares / operacionales.
- Operación anormal (estado indeseado): se aplican procedimientos de emergencia.

2) Operación no controlada

Operación en la que se ha perdido el control del UAS. Se aplican procedimientos de emergencia y se lleva a cabo el Plan de Respuesta a la Emergencia (ERP).

Uno de los aspectos fundamentales antes de realizar la operación con UAS es planificar cuál va a ser el **volumen operacional**. El Volumen Operacional está constituido por la geografía de vuelo y el volumen de contingencia. Estas áreas definen los límites máximos de vuelo en suelo y en aire donde se realizan las operaciones de manera segura.

- **Geografía de vuelo (Flight geography)**
Volumen de espacio aéreo definido espacial y temporalmente en el que el operador de UAS planea realizar la operación según procedimientos normales. La proyección de tal volumen sobre la superficie de la Tierra constituye el “área de geografía de vuelo”.
- **El Volumen de contingencia (Contingency volume)**
Volumen de espacio aéreo donde se aplican procedimientos de contingencia para que el UAS vuelva a su estado normal en el caso de situaciones anormales. Este volumen sirve para que el UAS vuelva a situarse dentro de la geografía de vuelo. La proyección del volumen de contingencia en la superficie de la Tierra se denomina “área de contingencia”.
- **Márgenes de riesgo**
Área que rodea el volumen operacional, definida por el operador. Se aplican los procedimientos de emergencia.
 - Margen por riesgo en tierra (*Ground risk buffer*)
Áreas seguras donde podría estrellarse el dron en caso de pérdida de control. En estas áreas se prevé que no haya terceros. En el caso de entrar en el margen, se aplicaría:
 - Aterrizaje inmediato
 - Sistema de reducción de energía de impacto, como puede ser un paracaídas.
 - Margen por riesgo en aire (*Air risk buffer*). Es opcional.
- **Área adyacente/Espacio aéreo adyacente**
Área en tierra o espacio aéreo en la que el UAS accedería en el caso que los sistemas de emergencia no funcionaran.

En los siguientes esquemas se detalla las relaciones de los conceptos:

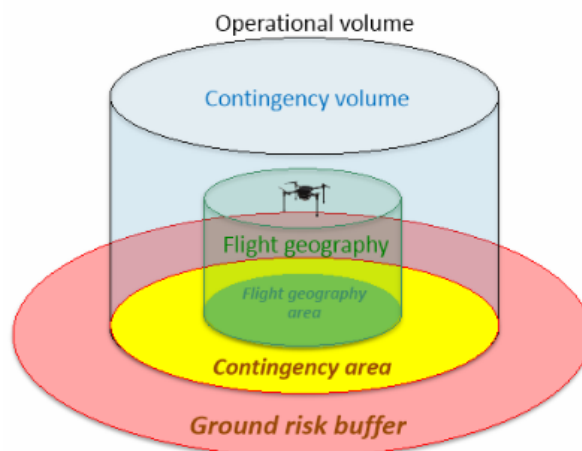


Figura 2.6. Esquema 3D modelo semántico. [42]

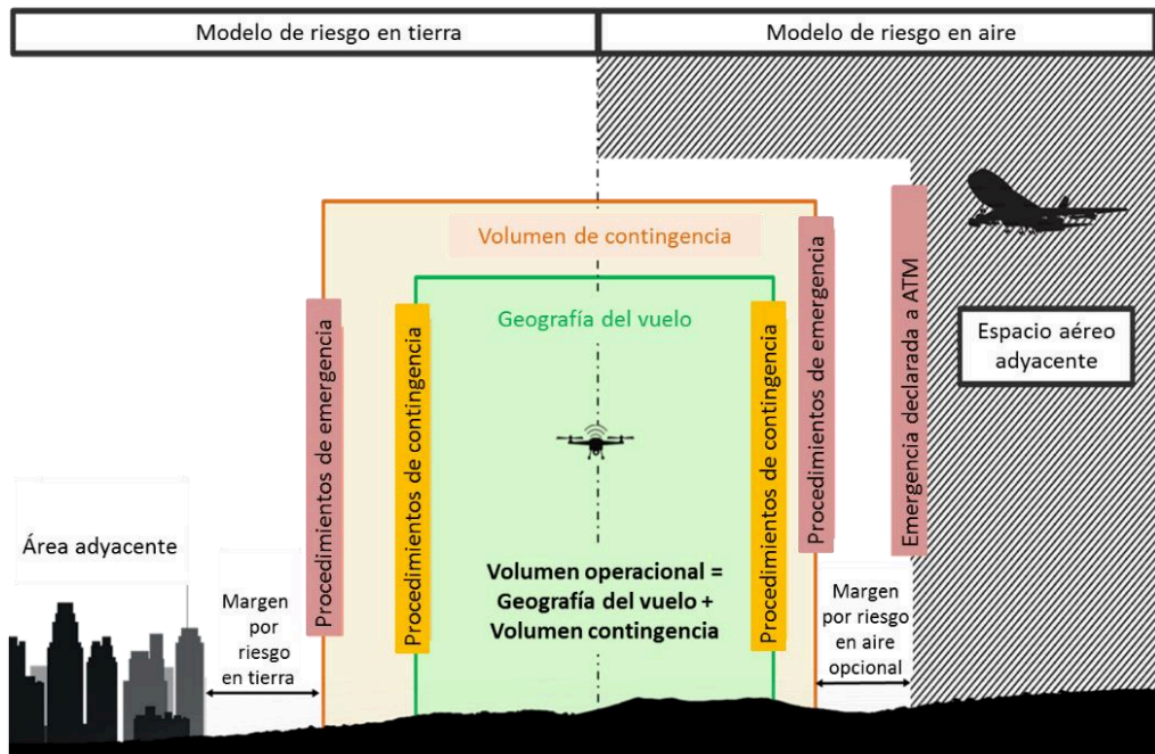


Figura 2.7. Consideraciones del modelo semántico. [42]

PASO #2 - DETERMINACIÓN DE LA CLASE DE RIESGO TERRESTRE INTRÍNSECO DEL UAS (GRC)

El segundo paso consiste en determinar la clase de riesgo intrínseco de la operación, que representa el riesgo de que una persona sea golpeada por un UAS en el caso que el dron pierda el control. Se deben tener en cuenta:

1. Características del UAS: dimensiones y peso
2. Energía cinética
3. Escenario operacional

A continuación, se muestra la tabla para calcular el GRC inicial. El GRC inicial se encuentra en la intersección del escenario operacional y las características del UA. Los escenarios operativos intentan categorizarse de un número menor a mayor de personas afectadas [17].

| Índice Ground Risk Class intrínseco del UAS | | | | |
|---|---------|---------|-----------|-----------|
| Dimensiones máximas de la UA | 1m | 3m | 8m | >8m |
| Energía cinética típica esperada | < 700 J | < 34 KJ | < 1084 KJ | > 1084 KJ |
| Escenarios Operacionales | | | | |
| VLOS/BVLOS en zona terrestre controlada | 1 | 2 | 3 | 4 |
| VLOS en zonas escasamente pobladas | 2 | 3 | 4 | 5 |
| BVLOS en zonas escasamente pobladas | 3 | 4 | 5 | 6 |
| VLOS en zonas pobladas | 4 | 5 | 6 | 8 |
| BVLOS en zonas pobladas | 5 | 6 | 8 | 10 |
| VLOS sobre concentraciones de personas | 7 | | | |
| BVLOS sobre concentraciones de personas | 8 | | | |

Figura 2.8. Determinación del índice GRC (Ground Risk Class). [16]

Aquellas casillas marcadas en gris no están fundamentadas por la metodología SORA.

PASO 3# - DETERMINACIÓN DEL GRC FINAL

En este tercer paso, se calcula el GRC final basado en la disponibilidad de medidas de atenuación relacionadas con la operación. El riesgo intrínseco inicial es posible reducirse aplicando diferentes medidas de mitigación. Existen tres tipos de mitigaciones para reducir el GRC inicial [18]:

- **M1 - Mitigación estratégica de riesgo en suelo**

| | Nivel de integridad | | |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------|
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| Criterio 1: Definición del margen en tierra | Se aplica por lo menos la regla 1:1. | Se tiene en consideración: <ul style="list-style-type: none"> - Fallos/Averías - Meteorología - Latencias de UAS - Comportamiento del UAS (y cuando se activa una medida técnica de contención) | Igual que Media |
| | Nivel de garantía | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Se declara el nivel de integridad. | Se proporcionan evidencias para justificar el nivel de integridad: tests, simulaciones... | Validado por un tercero. |

| Criterio 2: Evaluación de personas al riesgo | Nivel de integridad | | |
|---|--|---|---|
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Se hacen inspecciones para justificar la reducción de la densidad de personas en riesgo. | Igual que Baja, pero usando datos de densidad. Y/O Si se reclama una reducción: <ul style="list-style-type: none"> - Uso de dron < 250 kg que vuele a menos de 174 nudos - Se demuestra que la mayoría de participantes se encontraran dentro de un edificio | Igual que Media |
| | Nivel de garantía | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Se declara el nivel de integridad. | Uso de un mapa de densidad para la fecha de la operación extraída de una fuente estadística. | Igual que Media. Se usa un mapa de densidad en tiempo real extraído de una fuente dinámica. |

Tabla 2.4. M1. [18]

● **M2 - Mitigación para reducir los efectos de la dinámica de impacto del UA**

| Criterio 1: Diseño técnico | Nivel de integridad | | |
|-------------------------------|------------------------------------|--|--|
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | No cumple el nivel medio. | <ul style="list-style-type: none"> - Los efectos de la dinámica de impacto y los peligros posteriores al impacto se reducen significativamente. - Cuando proceda, en caso de fallos, el UAS contiene todos los elementos necesarios para la activación de la mitigación. - Cuando proceda, cualquier fallo de la mitigación no afecta negativamente a la seguridad de la operación. | Igual que Media. Aplicación automática de la mitigación. |
| | Nivel de garantía | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Se declara el nivel de integridad. | Se puede justificar mediante pruebas que se alcanza el nivel de integridad. | Nivel de integridad validado por un tercero. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Criterio 2: Procedimientos (si aplica) | Nivel de integridad | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Todo el equipo utilizado para mitigar el impacto dinámico del UAS debe ser instalado y mantenido conforme a las indicaciones del fabricante. | | |
| | Nivel de garantía | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | No requieren validación. Procedimientos / checklists declarados. | Procedimientos validados y demostrados mediante pruebas de vuelo o simulaciones. | Igual que Media. Se comprueban con vuelos de prueba, los cuales están validados por terceros. |
| Criterio 3: Training (si aplica) | Nivel de integridad | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Se capacitará al personal de la instalación y el mantenimiento de las medidas sugeridas para disminuir el efecto de la dinámica de impacto. | | |
| | Nivel de garantía | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Se declara el training. | Se proporciona syllabus de training. | Syllabus validado por un tercero. |

Tabla 2.5. M2.[18]

- **M3 - Disposición de un Plan de Respuesta a la Emergencia eficaz y validado**

| | | | |
|-------------------------------|---|--|---|
| Criterio 1: Procedimientos | Nivel de integridad | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | No existe ERP o el ERP no cubre elementos para alcanzar nivel Media o Alta. | Existe ERP que se adapta a la situación, escalable, define criterios, práctico, establece funciones de los técnicos. | Igual que Media. En emergencias, reduce número de personas en peligro |
| | Nivel de garantía | | |
| | Baja/Ninguna | Media | Alta |
| | Los procedimientos no requieren validación o medio de cumplimiento. Se declaran los procedimientos/checklists. | Se proporciona un syllabus ERP. | Igual que Media. Un tercero valida que se han identificado y reducido las personas en peligro. |

Tabla 2.6. M3.[18]

En la siguiente tabla se proporcionan las mitigaciones (M1, M2, M3) y el factor de corrección relativo de cada tipo de mitigación. Un número de robustez positivo significa que el GRC aumenta y un número de robustez negativo significa que el GRC disminuye. Para calcular el GRC final se deben sumar todos los factores de corrección [17].

| Mitigación número | Adaptación del GRC | Robustez | | |
|-------------------|---|---------------|-------|------|
| | | Baja/ Ninguna | Media | Alta |
| M1 | Se dispone de sistemas de contención técnica implementada y efectiva | 0 / -1 | -2 | -4 |
| M2 | Se dispone de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra | 0 | -1 | -2 |
| M3 | Se dispone de un Plan de Respuesta a la Emergencia efectivo, disponible para su uso, y que ha sido validado | 1 | 0 | -1 |

Tabla 2.7. Mitigaciones estratégicas. [16]

En el caso que el operador de UAS considere que el GRC inicial es adecuado, entonces no se aplicaran medidas de mitigación. Se indicará que GRC inicial = GRC final.

PASO #4 - DETERMINACIÓN DEL ARC INICIAL Y DEL ARC INTERMEDIO

En este paso se determina el riesgo de colisión en aire del espacio aéreo en el que se pretende desarrollar la actividad. Se denomina ARC: Air Risk Class. El ARC es una clasificación de los espacios aéreos en los que se tiene intención operar, reflejando los diferentes niveles de riesgo de colisión [16].

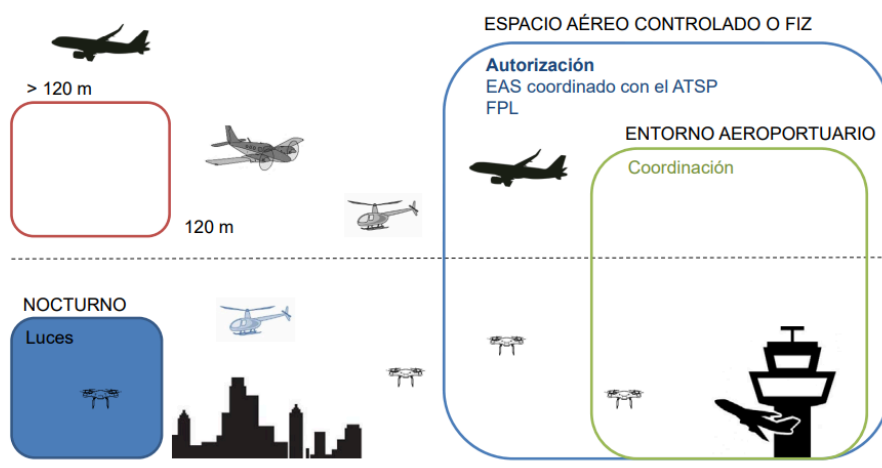


Figura 2.9. Riesgo en aire. [42]

La metodología SORA clasifica el espacio aéreo en 13 categorías agregadas de riesgo de colisión. Los parámetros que se tienen en cuenta para determinar el ARC son los siguientes:

- Espacio aéreo típico o atípico
- Altura de vuelo

- Espacio aéreo controlado o no controlado
- En zona de aeropuerto o no
- Espacio aéreo o zona urbana o entorno rural

Para encontrar cuál es el ARC de la operación, JARUS propone seguir el siguiente esquema [15].

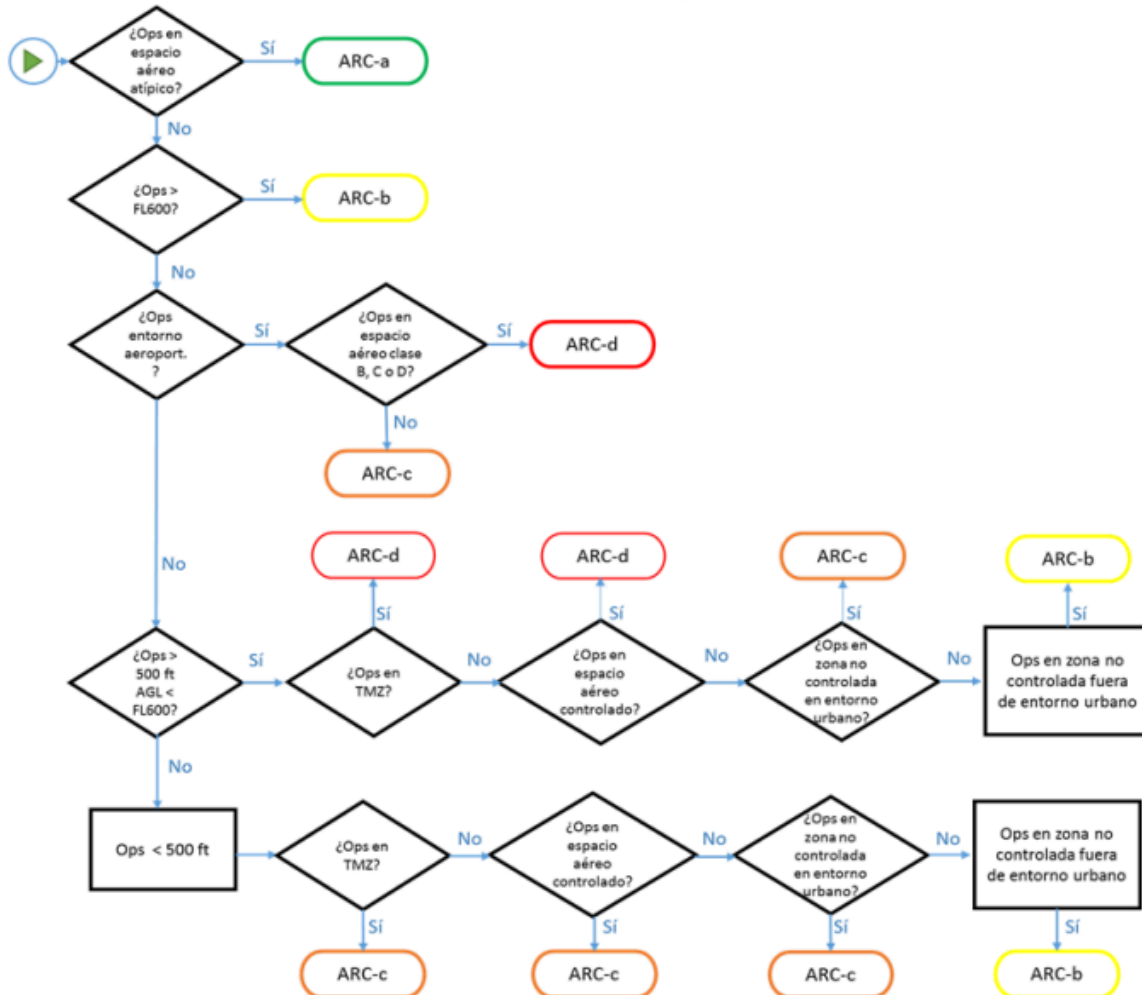


Figura 2.10. ARC Inicial. [17]

En los siguientes pasos se determinarán las medidas de mitigación estratégicas y tácticas para, en caso necesario, reducir el ARC inicial. Las medidas de mitigación estratégicas son las que se aplican antes de iniciar el vuelo, en cambio, las tácticas son las que se aplican después del despegue.

PASO 5# - APLICACIONES DE ATENUACIONES ESTRATÉGICAS PARA DETERMINAR EL ARC RESIDUAL (opcional)

En este paso se definen las medidas de mitigación estratégicas aplicables para reducir el ARC inicial; no son obligatorias, por lo tanto, solo son de aplicación si el operador considera que el valor del ARC es demasiado alto para las operaciones pretendidas.

Las mitigaciones deben ser desarrolladas a criterio del operador y pueden variar en función de si se va a llevar a cabo la operación en espacio aéreo controlado o no controlado o bien, dentro o fuera de las distancias de seguridad del aeródromo.

Se clasifican en dos tipos, restricciones operacionales y por estructuración y reglas comunes [16].

➤ Restricciones operacionales

Aquellas mitigaciones que pueden ser aplicadas por el operador sin necesidad de la existencia de cooperación de otro usuario del espacio aéreo.

➤ Restricciones por estructuración y reglas comunes

Aquellas mitigaciones que no pueden ser aplicadas únicamente por el operador, necesitarán la colaboración de todos los UAS de un mismo volumen de espacio aéreo. Se toman reglas de vuelo comunes y una estructura común del espacio aéreo.

EASA propone un conjunto de mitigaciones estratégicas según el concepto de operación de la autorización (espacio aéreo controlado o no controlado y/o dentro o fuera de entornos urbanos). Estas mitigaciones pueden incluir, por ejemplo:

- Restricción operacional en el tiempo de exposición
- Coordinación con el gestor del aeródromo o helipuerto
- Disponer de procedimientos para la evaluación del espacio aéreo, como la consulta del AIP o de los NOTAMs
- Limitación de la altura de vuelo

Una vez se han aplicado las medidas, se debe determinar cuál es el ARC final. Para ello, se utilizará la guía proporcionada por EASA, las Easy Access Rules en las que se muestra, en función del tipo de espacio aéreo, el índice de densidad de aeronaves tripuladas [17].

PASO 6# - REQUISITOS DE RENDIMIENTO DE LAS ATENUACIONES TÁCTICAS Y NIVELES DE ROBUSTEZ

Como hemos comentado anteriormente, las medidas de mitigación táctica son las que se aplican una vez la aeronave ha despegado. Se implementan para reducir cualquier riesgo residual de colisión en el aire, con el fin de alcanzar el objetivo de seguridad deseado en el espacio aéreo correspondiente.

Se deberán diferenciar las operaciones en función de si son vuelos VLOS o BVLOS [16].

- Operaciones VLOS

El hecho de llevar a cabo operaciones a la línea visual del piloto ya conforma una medida de atenuación aceptable, tomando la forma de “ver y evitar”. Aun así, se recomienda tomar medidas de mitigación adicionales para aumentar la conciencia situacional con respecto al tráfico aéreo.

El operador debe contar con un esquema documentado para la resolución de conflictos en operaciones VLOS. En este esquema, el operador debe detallar los métodos que se utilizarán para la detección y definir los criterios asociados que se aplicarán para la toma de decisiones para evitar el tráfico entrante.

Si el piloto cuenta con observadores, también se deben describir la fraseología, los procedimientos y los protocolos de comunicación que se utilizarán.

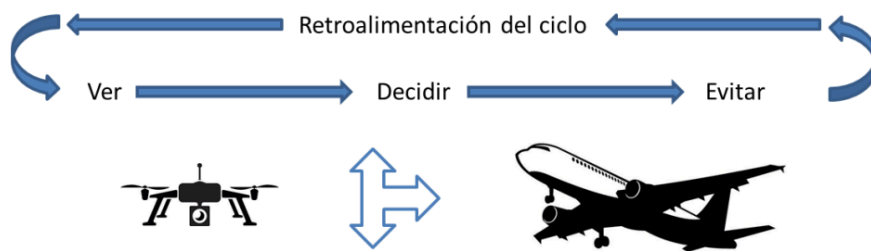


Figura 2.11. Esquema “See, Decide, Avoid, Feedback Loop - SDAF loop”. [42]

- Operaciones BVLOS

Se debe contar con medios alternativos para la detección de aeronaves y tomar las medidas necesarias para evitar la colisión con ellas. Para ello, se puede contar con sistemas DAA basados en tierra, en aire o alguna combinación de las dos.

Para este tipo de operaciones se utilizará el ARC residual y la siguiente tabla para determinar el rendimiento requerido de las mitigaciones tácticas [17].

| ARC residual | TMPRs | Nivel de robustez TMPR |
|--------------|----------------|------------------------|
| ARC-d | Alta | Alta |
| ARC-c | Media | Media |
| ARC-b | Baja | Baja |
| ARC-a | Sin requisitos | Sin requisitos |

Tabla 2.8. Mitigaciones tácticas. [16]

Se aplican medidas de mitigación tácticas en función del lugar de la operación:

- Operaciones en espacio aéreo no controlado y fuera de FIZ, fuera de las distancias de seguridad de aeródromo (fuera de entorno aeroportuario).
- Operaciones en espacio aéreo no controlado y fuera de FIZ, dentro de las distancias de seguridad de aeródromo (dentro de entorno aeroportuario).
- Operaciones en espacio aéreo controlado y FIZ, fuera y/o de entorno aeroportuario.

Algunas de las mitigaciones pueden ser:

- Operaciones en espacio aéreo no controlado y fuera de FIZ, fuera de las distancias de seguridad de aeródromo (fuera de entorno aeroportuario).
 - Aplicación de las medidas de mitigación tácticas coordinadas con el gestor de aeródromo cuando exista una coordinación previa con el gestor del aeródromo.
 - Comprobación inmediatamente anterior al inicio de la operación de las actividades y advertencias para los usuarios del espacio aéreo (NOTAM, etc.) en la zona.
 - Comprobar en la verificación pre-vuelo del UAS el correcto funcionamiento de los sistemas de geoposicionamiento y calidad de la señal, y correcta configuración del geocaging/geofencing, especialmente la limitación de altura/altitud.
- Operaciones en espacio aéreo no controlado y fuera de FIZ, dentro de las distancias de seguridad de aeródromo (dentro de entorno aeroportuario).
 - Se aplicarán las mitigaciones estratégicas acordadas con el gestor del aeropuerto/aeródromo/helipuerto afectado.
 - Mantenerse a la escucha activa en la frecuencia aeronáutica de la zona o, en su defecto, poder comunicarse mediante sistema de telefonía móvil.
 - Solicitar información de tránsito a aeronaves tripuladas en las inmediaciones y/o jefe de campo de vuelo.
- Operaciones en espacio aéreo controlado y FIZ, fuera y/o de entorno aeroportuario.
 - Se aplicarán las medidas definidas en coordinación con el gestor del espacio aéreo.

PASO 7# - DETERMINACIÓN DEL SAIL

El SAIL determina el nivel de confianza de la operación tras el análisis del riesgo de impacto en tierra y aire. Para poder determinar el SAIL, se debe utilizar el GRC final y el ARC residual [17]:

| Determinación del SAIL | | | | |
|-------------------------------|--------------|-----|----|----|
| | ARC residual | | | |
| GRC Final | a | b | c | d |
| ≤ 2 | I | II | IV | VI |
| 3 | II | II | IV | VI |
| 4 | III | III | IV | VI |
| 5 | IV | IV | IV | VI |
| 6 | V | V | V | VI |
| 7 | VI | VI | VI | VI |

Figura 2.12. Determinación del SAIL. [42]

PASO 8# IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL (OSO)

Con el fin de determinar las defensas dentro de la operación en forma de OSO y para fijar su nivel de robustez, es necesario utilizar el valor obtenido del SAIL.

En la siguiente tabla, O significa que el cumplimiento con el OSO correspondiente es opcional, L requiere que la atenuación tenga robustez baja, M robustez media y H robustez alta.

Para cada uno de los OSO se debe justificar el nivel de robustez, para ello, será necesario definir la integridad y la garantía. EASA define los criterios de integridad, garantía y robustez en su material guía [17].

Una robustez baja se alcanza con un nivel de integridad bajo y garantía baja, a excepción de los OSOs 1, 3, 7, 9, 15 y 22, los cuales requerirán un nivel de garantía medio.

| Número del OSO (En línea con el Anexo E) | | SAIL | | | | | |
|--|--|------|----|-----|----|---|----|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| | Problema técnico del RPAS | | | | | | |
| OSO#01 | Asegurar que el operador es competente y / o ha demostrado su capacidad como tal | O | L | M | H | H | H |
| OSO#02 | El RPAS es fabricado por una entidad competente y / o aprobada | O | O | L | M | H | H |
| OSO#03 | El mantenimiento del RPAS se realiza por una entidad competente y/o probada | L | L | M | M | H | H |
| OSO#04 | El RPAS ha sido desarrollado según estándares de diseño reconocidos | O | O | O | L | M | H |
| OSO#06 | El rendimiento del enlace C3 es adecuado para la operación | O | L | L | M | H | H |
| OSO#05 | El RPAS está diseñado considerando la seguridad y fiabilidad del sistema | O | O | L | M | H | H |
| OSO#07 | Inspección del RPAS (inspección del producto) para garantizar la coherencia con el ConOps (Concepto de Operación) | L | L | M | M | H | H |
| OSO#08 | Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales para afrontar problemas técnicos con el RPAS | L | M | H | H | H | H |
| OSO#09 | La tripulación remota está entrenada adecuadamente, incluyendo el entrenamiento recurrente, y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista técnico del sistema | L | L | M | M | H | H |
| OSO#10 | Recuperación segura del sistema ante un problema técnico | L | L | M | M | H | H |
| | Deterioro de los sistemas externos que apoyan el funcionamiento del RPAS. | | | | | | |
| OSO#11 | Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales que sirvan para manejar el deterioro de los sistemas externos que apoyan la operación del RPAS | L | M | H | H | H | H |
| OSO#12 | El RPAS está diseñado para gestionar el deterioro de los sistemas externos que le apoyan | L | L | M | M | H | H |
| OSO#13 | Los servicios externos que apoyan la operación del RPAS son adecuados para la operación | L | L | M | H | H | H |

| Error Humano | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|
| OSO#14 | Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales para afrontar errores humanos | L | M | H | H | H | H |
| OSO#15 | La tripulación remota está entrenada adecuadamente, incluyendo el entrenamiento recurrente, y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista del error humano | L | L | M | M | H | H |
| OSO#16 | Coordinación de la tripulación múltiple | L | L | M | M | H | H |
| OSO#17 | La tripulación remota se encuentra en condiciones adecuadas para la operación | L | L | M | M | H | H |
| OSO#18 | Se establece protección automática de la envolvente de vuelo frente a error humano | O | O | L | M | H | H |
| OSO#19 | Recuperación segura tras un error humano | O | O | L | M | M | H |
| OSO#20 | Se realiza una adecuada evaluación de los Factores Humanos, y el Interfaz Hombre Máquina (HMI) es adecuado para la operación | O | L | L | M | M | H |
| Condiciones de operación adversas | | | | | | | |
| OSO#21 | Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales adecuados en caso de que existan condiciones adversas | L | M | H | H | H | H |
| OSO#22 | La tripulación remota está entrenada para identificar las condiciones ambientales críticas y evitarlas | L | L | M | M | M | H |
| OSO#23 | Se definen las condiciones del entorno para operaciones seguras, de manera que sean medibles y se establecen procedimientos para gestionarlas | L | L | M | M | H | H |
| OSO#24 | El RPAS ha sido diseñado y calificado para condiciones ambientales adversas. | O | O | M | H | H | H |

Figura 2.13. Objetivos de Seguridad Operacional (OSO). [42]

PASO 9# - CONSIDERACIONES DEL ESPACIO AÉREO ADYACENTE

En este apartado, el operador de UAS deberá calcular y especificar el área adyacente de la operación. Es decir, deberá establecer cuáles son las áreas terrestres o volúmenes de espacio aéreo en los que será posible y seguro activar los procedimientos de emergencia.

El operador debe analizar las consecuencias en caso de que las mitigaciones estratégicas fallen, dando como resultado la pérdida de control de la operación y determinar la

probabilidad de que esto ocurra. Este análisis debe considerar el tipo de espacio aéreo adyacente, prestando especial atención a aquel que pueda representar un mayor riesgo. Además, se analizarán las características de esta área terrestre o volumen de espacio aéreo, analizando la densidad de población y su ARC.

Para calcular el área adyacente se debe tomar una velocidad de referencia del dron y un tiempo de reacción medio del dron utilizado para la operación [16].



Figura 2.14. Espacio aéreo adyacente. [42]

Tras el análisis, puede que sea necesaria la instalación de un sistema de contención para la terminación del vuelo (FTS), el cual puede ser con un nivel de robustez básico o mejorado.

Principalmente, será necesaria la contención mejorada en los siguientes escenarios:

- Las áreas adyacentes:
 - Contienen concentraciones de personas, excepto si el UAS está aprobado para volar sobre concentraciones de personas, o
 - Son ARC-d, excepto si el ARC residual de la operación, ya es ARC-d.
- El volumen operacional está en una “zona poblada” donde:
 - La mitigación M1 ha sido utilizada para reducir el GRC, o
 - La operación se realiza sobre una “zona terrestre controlada”.

PASO 10# - INFORME EXHAUSTIVO DE SEGURIDAD

En este último paso el operador de UAS debe especificar cualquier otro requisito importante para la operación que no se haya identificado a lo largo de la metodología SORA.

AESA establece que algunos puntos a tratar son:

- Seguridad y security
- Directrices para minimizar las molestias y el impacto ambiental

2.4 Restricciones de las zonas geográficas (zonificación)

En el Reglamento Europeo se definen diferentes tipos de áreas de UAS, las cuales pueden corresponder a zonas en las que se permite operar, en las que se restringe operar y zonas excluyentes. Estos tipos de zonas están definidas por motivos de seguridad pública, por razones medioambientales, por la protección de infraestructuras, entre otros motivos.

Cada estado tiene potestad para decidir en sus territorios qué zonas pueden estar prohibidas, restringidas o excluidas a realizar operaciones con UAS.

1) Entorno urbano

Se consideran «entornos urbanos» aquellos que se circunscriban a alguna de las superficies siguientes:

- a) Núcleos de población con áreas consolidadas por la edificación;
- b) Áreas residenciales, comerciales o industriales cuyos terrenos cuenten, acumulativamente, al menos, con accesos rodados, vías públicas pavimentadas para acceso peatonal, evacuación de aguas y alumbrado público; y
- c) Áreas recreativas, que sean de acceso público y en las existan construcciones o instalaciones, permanentes o eventuales para el ocio, el recreo o el deporte, entre las que, en todo caso, se encuentran los parques o jardines competencia de las Entidades locales y playas que reúnen ambos requisitos [18].

Los agentes implicados a los que se debe tener en consideración: Ministerio del Interior, Mossos d'Esquadra (operación en Cataluña), Ertzaintza (operación en País Vasco).

2) En espacio aéreo controlado o zona de información de vuelo (FIZ)

El piloto a distancia deberá disponer de la formación necesaria para operar dentro de un espacio controlado o zona FIZ. Deberá tener las siguientes habilitaciones: calificación de radiofonista para las comunicaciones aeronáuticas y acreditar un idioma aeronáutico para comunicaciones con los servicios de tránsito aéreo [18].

Por otro lado, el operador de UAS deberá disponer de un documento de Evaluación y Atenuación del Riesgo Operacional (EARO) coordinado con el Proveedor de Servicios de Tránsito Aéreo (ATSP) designado en el espacio aéreo que desee volar. Se debe realizar un EARO para poder volar en las diferentes categorías operaciones. En España, existen tres tipos de proveedores de servicios de tránsito aéreo: ENAIRE, SAERCO y SKYWAY. Además, se deben tener en cuenta los equipos militares.

3) Espacio dentro de las distancias de seguridad de un aeropuerto, aeródromo o helipuerto

Las operaciones deben dejar una separación de 8 km del punto de referencia del aeropuerto, aeródromo o helipuerto, y la misma distancia respecto a los ejes de las pistas y su prolongación. Esta distancia puede reducirse si se acuerda con el gestor aeroportuario. Además, se deberá acordar con el proveedor de servicios de tránsito aéreo del aeródromo, en el caso que disponga [18].

4) Zonas restringidas (R), peligrosas (D) o prohibidas (P)

Las operaciones de UAS deberán ajustarse a las condiciones que se especifican en el AIP. En el caso de operaciones en áreas gestionadas por el Ministerio de Defensa, se consultarán los circulares del AIP [18].

5) Espacio natural restringido (MITECO). Algunos con ZEPA - Zona de especial protección de aves

Las áreas naturales se consultarán en la plataforma Red Natura 2000 o en visores del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Se deberán respetar las condiciones de cada área restringida y realizar trámites con la autoridad gestora del área natural restringida [18].

6) Zonas restringidas al vuelo fotográfico (ZRVF)

Existen áreas del espacio aéreo que contienen información protegida y reservada por ser legalmente clasificada. Las ZRVF se detallan en el AIP y están sujetas a las provisiones y cautelas del Ministerio de Defensa. Se solicita un vuelo con UAS al Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire [18].

7) Sobre o en las proximidades de instalaciones afectas a la defensa nacional o seguridad del estado y centrales nucleares

Estas zonas están gestionadas por la defensa nacional o la seguridad del Estado. Para poder volar en ellas se necesita permiso previo y expreso del responsable de la infraestructura [18].

8) Sobre o en las proximidades de instalaciones e infraestructuras críticas

Para poder volar en estas zonas se requiere permiso previo y expreso del responsable de la infraestructura.

ENAIRE DRONES

Las restricciones, limitaciones, y características de las diferentes zonas geográficas de España se pueden consultar en la página web de ENAIRE Drones (www.drones.enaire.es/) [33].

2.5 Tecnología

2.5.1 Drones

Cada variante de dron presenta unos atributos particulares que los hacen más apropiados para ciertas aplicaciones y funciones en contraste con otros. En consecuencia, no todos los Vehículos Aéreos No Tripulados son igualmente eficientes para cada situación, siendo crucial elegir el dron adecuado según los requisitos específicos de cada sector o actividad deseada. Existen muchas maneras de clasificar los drones.

La clasificación principal de los drones viene determinada por el marcado de clase, lo cual se explicará en el próximo apartado. A continuación, se muestra otra posible clasificación de los drones basada en las características más significativas:

1) El diseño de sustentación

El diseño de sustentación consiste en la forma en que el dron genera la fuerza necesaria para mantenerse en el aire. Existen dos tipos por diseño de sustentación [20]:

- **Ala fija**

Los drones de ala fija presentan una estructura similar a la de una aeronave tradicional puesto que se desplazan a través del aire gracias a la aerodinámica de sus alas. La estructura está formada por un fuselaje y unas alas fijas. Destaca la eficiencia en vuelo y su capacidad para cubrir grandes distancias con una carga útil significativa. Esto es gracias al diseño de este tipo de dron, el cual permite volar a velocidades más altas y durante más tiempo. Además, gracias a su diseño, los drones de ala fija tienden a ser más estables que

los drones de ala rotatoria. Algunas de sus aplicaciones son en vigilancia, cartografía, agricultura de precisión...

- **Ala rotatoria o multirrotores**

Es un tipo de dron fácil de controlar y maniobrar y muy estable. Los multirrotores disponen de varios rotores que se ubican en cada uno de sus brazos que permiten al dron despegar y aterrizar verticalmente. Además, estos drones pueden estacionarse y desplazarse a cualquier dirección. Sin embargo, en comparación a los drones de ala fija, la autonomía de vuelo y la eficiencia de los multirrotores es menor. Pues los motores consumen energía extra, agotando más rápido la batería, provocando la compra de baterías extra.

Este tipo de drones es el más utilizado para fines recreativos y profesionales. Estos drones pueden cargar una gran variedad de sensores como cámaras visuales, cámaras térmicas, cámaras multispectrales... Algunas de sus aplicaciones son en fotografía, inspecciones, seguridad y vigilancia, gestión de desastres...

2) Por peso

El peso es un factor determinante a la hora de decidir bajo qué categoría operacional se pretende hacer un vuelo. Por ejemplo, si se quiere volar en categoría abierta, el dron deberá tener un peso inferior a 25 kg. Además, el peso determinará la carga útil que el dron podrá soportar. Por peso se clasifica en drones entre 0 y 25 kg, drones entre 25 y 150 kg y drones de más de 150 kg [21].

3) Por el modo de operación

Un dron también puede clasificarse según su método de control, es decir, según la forma de pilotar una aeronave de forma remota.

- **Dron autónomo**

Drones operados de manera totalmente autónoma sin la necesidad de intervención humana durante la operación. Estos drones tienen rutas predefinidas y mediante sensores de la aeronave o sistemas inteligentes de navegación pueden evitar obstáculos y realizar misiones.

- **Dron operado por control remoto**

Drones operados directamente por un piloto a distancia a través de control remoto. El piloto a distancia tiene el control total del dron en tiempo real.

- **Drones cooperativos (enjambres de drones)**

Los drones cooperativos son un conjunto de drones que tienen la misma misión. Vuelan coordinados para realizar una misma tarea. Mediante sistemas inteligentes de navegación y sistemas de comunicación operan como un mismo grupo. Por ejemplo, para shows de drones.

4) Por el número de hélices o brazos

- **Tricópteros.** Drones con 3 brazos. Los brazos delanteros disponen de un motor que gira en el sentido opuesto para generar la potencia y el motor trasero sirve para generar estabilidad.
- **Cuadricópteros.** Drones con 4 brazos, en cada brazo se posiciona un motor. Este tipo de dron es el más común en el mercado.
- **Hexacópteros.** Drones con 6 brazos, con un motor en cada brazo.
- **Octocópteros.** Drones con 8 brazos, con un motor en cada brazo [21].

2.5.1.1 Clasificación de drones

Además de la clasificación explicada anteriormente, el Reglamento Delegado 2019/845 define un sistema de marcado de clase de UAS. En los últimos años, existía una desconfianza con las aeronaves porque los operadores deseaban tener algún método para comprobar si realmente el dron cumplía con lo que el fabricante indicaba. Entonces con este marcado de clase se dio solución a la preocupación de si las aeronaves cumplían los requisitos de **seguridad** [22].

Las aeronaves se deben certificar y se les asigna un Marcado de Clase. Cada Marcado de Clase tiene unas características e indica en qué escenario pueden volar. A continuación, se definen las clases según AESA:

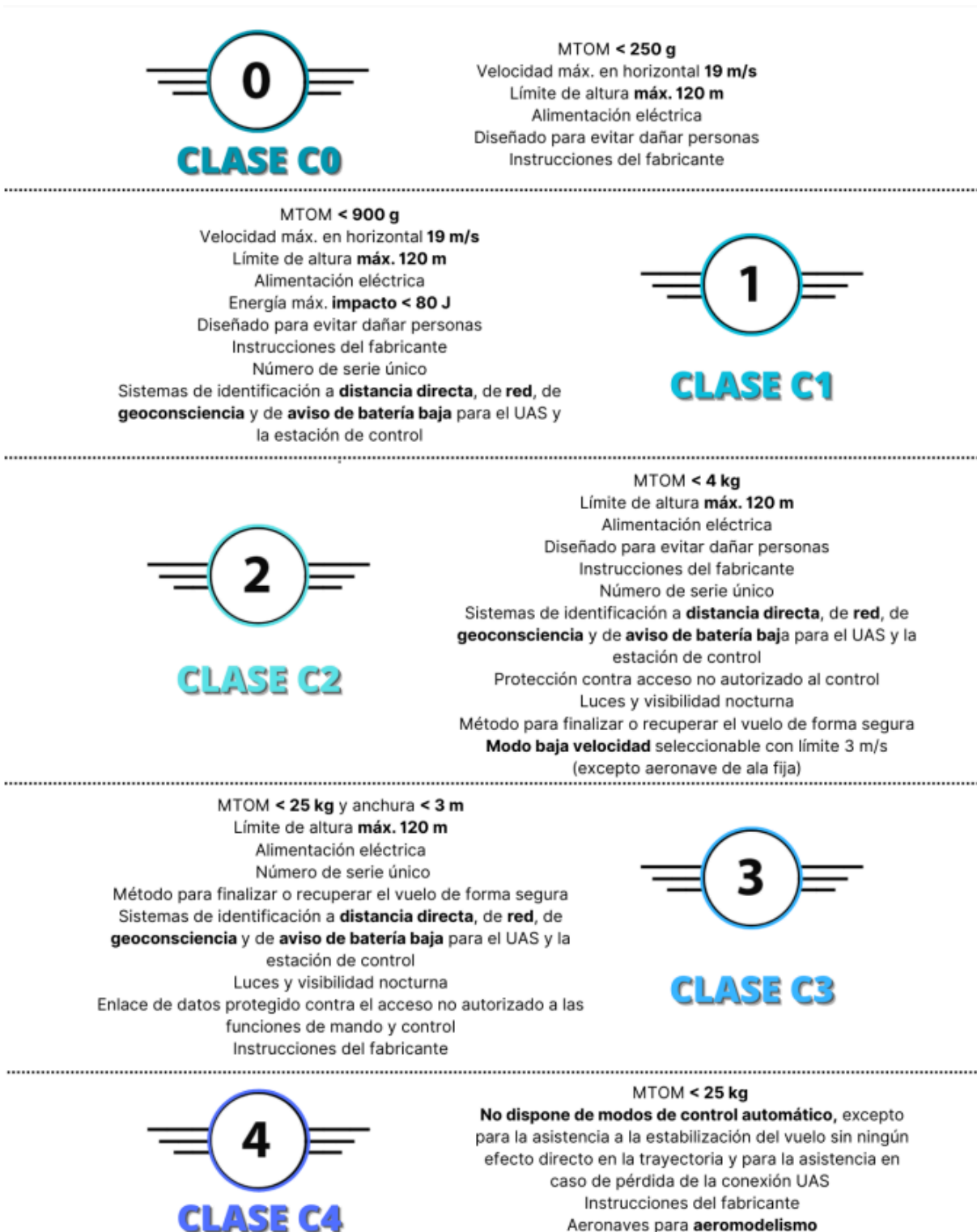


Figura 2.15: Clases de UAS. [22]

Sistema de Identificación a Distancia Directa

Ha sido a partir del 1 de enero de 2024 que ha entrado en aplicación el mercado de clase de UAS y la identificación a distancia directa (DRI), como ha determinado el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 [24].

Este sistema habilita la carga del número de registro del operador del UAS y proporciona un conjunto de informaciones periódicamente como puede ser el número de serie de la aeronave, la posición geográfica del piloto a distancia, la posición geográfica del dron...

- Para la categoría específica, este requisito de obligatoria aplicación se adherirá a las operaciones en régimen de declaración y en régimen de autorización operativa.
- Para la categoría abierta, los UAS que requerirán disponer de un sistema DRI son las aeronaves que tengan marcado de clase C1, C2 y C3. Las aeronaves con marcado de clase C5 y C6 ya cuentan con una funcionalidad en su propio sistema [5].

2.5.2 Sistema de nido

El concepto de sistema de nido, en inglés *drone in a box*, representa un nuevo sistema de tecnología de vehículos aéreos autónomos no tripulados. El sistema consiste en una caja donde se guarda el dron, tal como indica la terminología en inglés. Esta caja se despliega automáticamente y sirve como plataforma de despegue y de aterrizaje del dron [23].

La característica más importante de este sistema es que no se requiere de un controlador terrestre durante el vuelo del UAS, es decir, este sistema brinda la posibilidad de realizar vuelos autónomos, o bien, podría realizarse un vuelo controlado de manera deslocalizada desde un centro de control a distancia. Este sistema permite que los vuelos puedan ser programados desde el despegue hasta el aterrizaje, sin la necesidad de la intervención humana constante. Este nido se trata de una caja que proporciona varias funcionalidades:

- 1) Sistema de protección donde se guarda el dron de manera segura cuando no está volando el dron.
- 2) Sistema de carga de baterías del dron.
- 3) Transmite la información al piloto mientras se realiza el vuelo, por ejemplo, proporciona la información meteorológica.
- 4) Proporciona los medios de conectividad a los pilotos remotos para volar la aeronave de manera deslocalizada.

Este sistema brinda la posibilidad de operar de forma autónoma durante las 24 horas, automatizando tareas repetitivas y mejorando la eficacia y la seguridad en las distintas aplicaciones que tiene. A partir de las funcionalidades que ofrece el sistema *drone in a box*, el piloto deslocalizado puede tener la posibilidad de controlar las operaciones disponiendo de información actualizada en directo. El piloto tomará el control en situaciones de emergencia.

El sistema de nido puede resultar útil para muchos sectores, por ejemplo, para seguridad o para inspecciones agrícolas. Estos sistemas de nido pueden ser de gran ayuda a la hora de realizar inspecciones en lugares que los humanos no pueden acceder, como en plantas de energía en las cuales pueden capturar imágenes aéreas y transmitir las en tiempo real al personal. A pesar de todas las aplicaciones, la regulación todavía representa un gran inconveniente para poder implementarlo [25].

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de sistema de nido, en concreto se trata de la primera versión Dock de sistema de nido del fabricante DJI [26]. En la imagen podemos observar una estación desplegada con un dron en la superficie. Se observan los distintos sensores y cámaras que la caja como el dron ofrecen como son un anemómetro, una cámara de seguridad integrada, pluviómetro...



Figura 2.16. DJI Dock. [26]

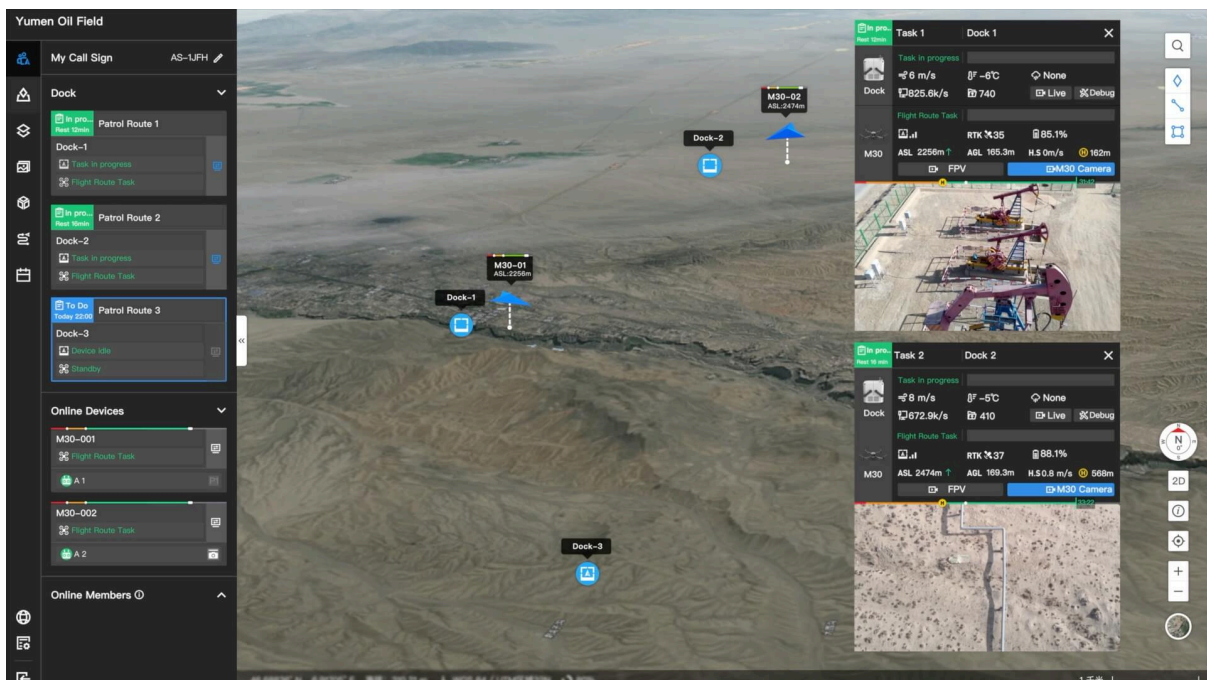


Figura 2.17. Sistema de control DJI Dock. [26]

3. Análisis y determinación de la propuesta

3.1 Definición de la propuesta

El objetivo es diseñar un sistema de vigilancia y seguridad innovador, eficaz y económico como alternativa a los métodos tradicionales utilizados por las empresas de seguridad. Este proyecto busca ofrecer una solución que optimice los recursos, complementando o reemplazando al personal de seguridad que realiza las patrullas de naves industriales privadas, pudiéndose visionar amplios espacios desde una perspectiva aérea e introduciendo innovadores sistemas de detección (como cámaras térmicas), con captación de imágenes de calidad y visionado remoto (que permite controlar diversas instalaciones simultáneamente), de forma discreta y sin poner en riesgo a las personas [40] [46].

El sistema de la propuesta establece que se abra un centro de control de operaciones en Barcelona, desde el cual se controlarán las actividades de los drones en las distintas naves en las que presta servicio una empresa de vigilancia privada, mediante pilotos deslocalizados. En las naves industriales se dispondrá de un sistema tecnológico con drones que realice las tareas de vigilancia, con el fin de reducir los costes operativos de las empresas tradicionales de vigilancia privada, mejorando la seguridad y la eficiencia operativa.

En este proyecto, se configurará el sistema tecnológico y se procederá a elaborar el tipo de autorización necesaria. Actualmente, la tecnología avanza muy rápido, sin embargo, el sistema normativo todavía no permite realizar todas las aplicaciones que esta nueva tecnología posibilita; así pues, se investigará la manera de poder justificar todos los riesgos de la operación, hasta conseguir que el riesgo operativo sea bajo y posible de autorizar por las autoridades competentes, habiendo demostrado la seguridad de ésta.

Esta propuesta deberá tener en cuenta uno de los riesgos más importantes: el vuelo de drones con proximidad a personas no involucradas con la operación. Actualmente, la normativa vigente sobre UAS (Sistemas de Aeronaves No Tripuladas) no permite esta modalidad de operación con drones. Sin embargo, la tecnología en UAS y otros servicios relacionados están avanzando rápidamente, ofreciendo soluciones cada vez más eficientes para operaciones de vigilancia. Es solo cuestión de tiempo que la normativa se actualice y permita operar en estas circunstancias.

Este proyecto pretende abordar esta situación, presentando una solicitud de autorización que, mediante la elección cuidadosa de diversos elementos operativos, logre reducir el riesgo total de la operación. Se propone un conjunto de medidas específicas adaptadas a las características de esta operación, las cuales se consideran que podrían ser autorizadas por las autoridades debido al bajo riesgo que implicaría.

3.2 Determinación del tipo de autorización

Otra de las elecciones importantes para la elaboración de este proyecto es el enfoque con el cual pretende realizarse la autorización. Según AESA, pueden realizarse tres tipos de autorizaciones: precisas, genéricas o genéricas acondicionadas a evidencias.

Se entiende por una **autorización precisa** como aquella que se limita a localizaciones concretas que se identifican geográficamente. Este tipo de autorización basa su estudio de riesgo en las características específicas de la ubicación seleccionada y en los objetivos de la operación deseada. En resumen, se trata de un estudio para una operación en una localización concreta y/o fecha determinada.

Las **autorizaciones genéricas** consisten en un tipo de autorización con la que se pretende realizar un conjunto de vuelos indefinidos en localizaciones genéricamente identificadas. Todas las ubicaciones en las que se puede operar cumplen con un conjunto de características que se especifican en el concepto de operación de la autorización presentada.

Por último, las **autorizaciones genéricas condicionadas a evidencias** tienen la misma estructura que las autorizaciones genéricas pero se añade el requisito que la autorización es válida para un número concreto de operaciones.

Se deben evaluar un conjunto de criterios para determinar el tipo de autorización [28]:

- **Criterio 1:** Se detallan claramente las limitaciones del escenario operacional, el volumen operacional y los márgenes de riesgo.
- **Criterio 2:** Las medidas estratégicas de mitigación propuestas para la operación no causan problemas de interpretación, sino que son fáciles y claras de implementar. La validez de los datos y la eficiencia de las medidas no causa debate entre el operador de UAS y la autoridad competente.
- **Criterio 3:** El operador de UAS demuestra su capacidad para evaluar las condiciones locales de la operación que pretende realizar. Para demostrar este criterio se debe reflejar en un Manual de Operaciones los procedimientos normales que evalúen el tipo de entorno en el que se pretende volar o, como alternativa al manual, realizar inspecciones físicas o elaborar otro tipo de documento en el que se reporten las condiciones locales.

Estos criterios forman una casuística que se puede observar en el siguiente flujograma:

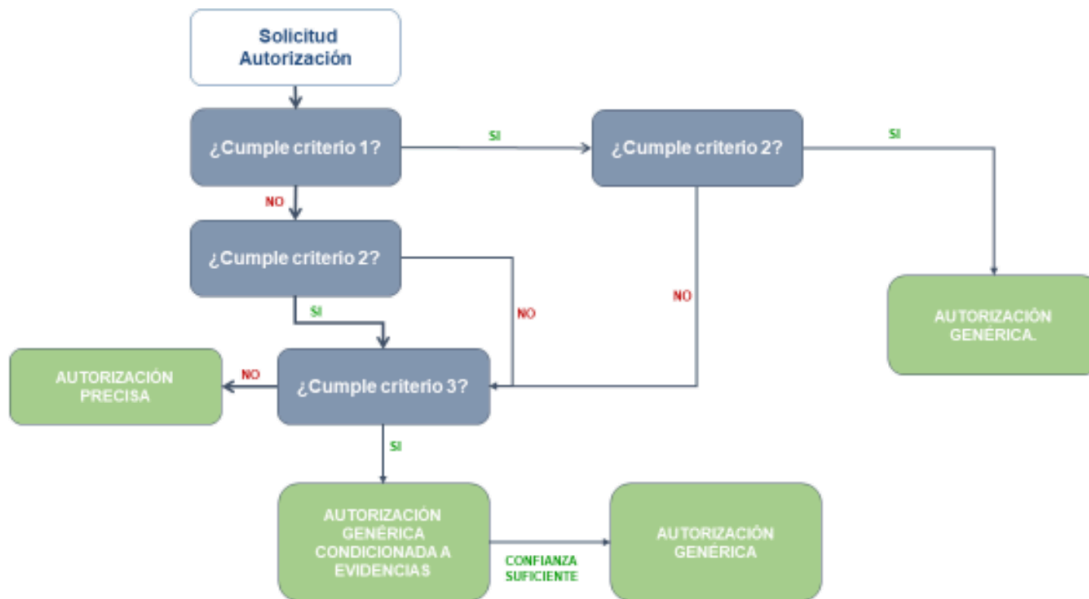


Figura 3.1. Flujograma tipos de autorizaciones. [28]

- Una operación puede autorizarse como **precisa** cuando el criterio 1 y/o el criterio 2 no se cumplen. Esto deberá comprobarse para cada una de las localizaciones propuestas de la operación.
- Cuando se cumpla con el criterio 1 y 2, la autoridad podrá aceptar una autorización de tipo **genérica**.
- En el caso que no se cumpla con el criterio 1 y/o 2, se podrá optar por una autorización **genérica condicionada a evidencias** siempre y cuando se pueda demostrar el cumplimiento del criterio 3. Para poder justificar el criterio 3, deberá demostrar en un manual de operaciones y con las formaciones del personal que tiene capacidad para evaluar adecuadamente las condiciones locales del escenario de la autorización. El operador de UAS deberá hacer un mínimo de tres operaciones en localizaciones precisas.

Elección para la propuesta

Para este proyecto se ha decidido elaborar una autorización de tipo genérica. La operación propuesta permitirá delimitar claramente las dimensiones y características del escenario operaciones (criterio 1). Además, se pretenden aplicar medidas estratégicas de mitigación que tengan un nivel de robustez bajo y que, por lo tanto, sean de fácil y clara aplicación (criterio 2).

Se considera que es el tipo de autorización más adecuado para el tipo de propuesta que se pretende proporcionar a las empresas de vigilancia. En una autorización genérica se puede formular un concepto de operación lo más amplio posible, con el objetivo de cubrir un gran número de naves en todo el país que tengan características similares. Por ejemplo, en el concepto de operación podría establecerse que las operaciones que cubren la autorización pueden situarse dentro y fuera de espacios controlados y/o dentro y fuera de las distancias de seguridad de un aeródromo.

Además, si las empresas de vigilancia deciden aumentar el número de naves que utilizan este sistema de vigilancia con drones, solo tendrán que evaluar si las nuevas naves cumplen con el ConOps de la autorización. De esta manera, se evita tener que pasar por un proceso de solicitud de autorización con las autoridades, que suele durar varios meses.

3.3 Determinación del tipo de operación: autónoma o automática

Otra de las cuestiones a analizar es el tipo de operación con dron que se quiere implementar. Existen dos tipos de operaciones: autónomas y automáticas. La diferencia clave entre estos dos tipos de operaciones radica en el grado de autonomía del dron.

EASA define las operaciones **autónomas** como aquellas en las que el dron es capaz de realizar un vuelo seguro sin la intervención de un piloto remoto. Este tipo de operación es posible gracias a la inteligencia artificial, ya que el dron puede enfrentarse a todo tipo de situaciones de emergencia imprevistas e impredecibles. Estas operaciones están únicamente permitidas en categoría específica y en categoría certificada ya que para estas categorías se disponen de herramientas lo suficiente flexibles para verificar los requisitos de este tipo de operación [29].

Por otro lado, EASA define las operaciones **automáticas** como aquellas operaciones en las que el operador del dron define las rutas que realizará el dron antes de comenzar su vuelo. Además, es importante destacar que en situaciones de emergencia el piloto remoto toma el control del dron ya que este no ha sido programado para actuar. Las operaciones automáticas están permitidas en todas las categorías operacionales [29].

La opción de realizar una operación autónoma podría resultar atractiva para este proyecto, ya que representa una alternativa innovadora para las empresas de vigilancia privada. La inteligencia artificial es clave para el futuro de las operaciones con drones, sin embargo, la normativa y la tecnología no se encuentran en el mismo punto. Ambos tipos de operaciones permitirían a las empresas de vigilancia privada disponer de menos personal vigilando las áreas, lo cual sería económicamente interesante para las empresas.

Dado que este proyecto tiene el propósito de conseguir la aprobación de una autorización para un escenario que ya supone un riesgo para la seguridad, realizar una operación autónoma supondría añadir un riesgo a la operación altamente difícil de mitigar. Y, como consecuencia, las autoridades difícilmente lo aprobarían. Por lo tanto, en este proyecto se considerará realizar una operación automática en la que el piloto en remoto podrá aplicar medidas en situaciones de emergencia.

3.4 Determinación de la tecnología

Para determinar la tecnología de esta propuesta se ha investigado entre las últimas novedades de aeronaves no tripuladas. Actualmente cada vez son más las facilidades y mejoras que los sistemas inteligentes aportan a nuestras vidas. Uno de los elementos que se ha tenido en cuenta es que la propuesta cuente con elementos tecnológicos innovadores.

A continuación se presentan los factores que se han tenido en cuenta para la elección de la tecnología:

- Una de las partes innovadoras de esta propuesta es realizar una operación en la cual no sea necesario que el piloto se encuentre en la zona de la operación. Actualmente, una de las soluciones que permiten realizar este tipo de operaciones son las cajas de drones o **sistemas de nido**. Este sistema cuenta con la última tecnología de los UAS y ofrece muchos beneficios para las operaciones con pilotaje deslocalizado: sirve como estación de carga y almacenamiento del dron así como punto de despegue y aterrizaje del dron, entre otros [23].
- Por otro lado, una de las características a tener en cuenta ha sido la **masa máxima al despegue (MTOM) y las dimensiones del dron**. Esta variable tiene gran importancia a la hora de calcular el riesgo de la operación pues la relación entre el MTOM y la energía de impacto es un factor crucial para la seguridad de la operación. A mayor MTOM y/o a mayores dimensiones, mayor energía de impacto lo que causa un mayor riesgo operacional [16].
- Otro elemento que se ha tenido en cuenta es la valoración sobre el **fabricante** del UAS. Actualmente el fabricante DJI cuenta con el monopolio del mercado de los drones por su innovación constante y su tecnología avanzada. Por ese motivo, se ha considerado elegir un producto de DJI ya que es el fabricante que cuenta con productos más avanzados en características técnicas, rendimiento y fiabilidad.
- Asimismo, la calidad y la variedad de **sensores** que el dron puede tener ha sido importante a la hora de su elección ya que debe elegirse un dron equipado con cámaras y sensores de alta resolución que permita una recopilación de datos detallada que mejore la calidad de la actividad de la vigilancia. Además, se ha tenido en cuenta la duración y la capacidad de recarga de las baterías, así como el tiempo de vuelo del dron.
- Otra característica importante para la elección de la tecnología se trata del sistema de **conectividad y alcance**. Es importante que se disponga de una conexión que permita una transmisión de datos en tiempo real con baja latencia para que desde el centro de control se puedan monitorear las diferentes naves industriales en tiempo real y así se puedan tomar decisiones rápidas.

A partir de este análisis de las características más importantes que debe tener la tecnología para la propuesta se han elegido los siguientes medios técnicos:

- **Sistema de nido DJI Dock 2**

El sistema DJI Dock 2 se considera un avance revolucionario para las operaciones remotas con drones. DJI Dock 2 es la nueva versión de estación de carga la cual ofrece varios beneficios comparados con otros sistemas de nido: es fácil de implementar y de transportar ya que es físicamente más pequeño, su configuración es rápida y sencilla, y tiene una rentabilidad superior lo cual reduce su mantenimiento. Puede operar durante 50 minutos y cuenta con una clasificación de resistencia al agua y al polvo IP55 [30].

Además, Dock 2 cuenta con tecnología avanzada de reconocimiento de imágenes que permite identificar con precisión marcadores de posicionamiento. Y, uno de los puntos más destacados es el sistema FlightHub 2 que permite a los operadores tener un control remoto del vuelo y transmisión en tiempo real.

- **Dron Matrice 3TD**

Existen dos drones compatibles con el sistema DJI Dock 2: DJI Matrice 3D y DJI Matrice 3TD. Ambos drones usan modelos 3D de alta precisión, el piloto puede ajustar rutas de vuelo en primera persona, prever imágenes simuladas y simplificar la navegación con capacidades FPV, lo cual mejora la eficiencia y seguridad en la creación de mapas. Además, ambos drones están equipados con la siguiente carga útil: una cámara gran angular con obturador mecánico, con una cámara teleobjetivo y con funciones de detección omnidireccional y de evitación automática de obstáculos.

La diferencia entre estos dos drones es la cámara infrarroja del DJI Matrice 3TD. Gracias a la cámara infrarroja se permite la vigilancia en completa oscuridad e identificando a las personas a través del calor corporal permitiendo así una cobertura de grandes áreas de manera eficiente. Además, se ha considerado que el peso de esta aeronave, de 1410g, es adecuado, junto con la posibilidad de operar en un radio de hasta 10 km [30].



Figura 3.2. DJI Dock 2 y DJI Matrice 3TD. [30]

3.5 Determinación de la categoría operacional

Para determinar qué tipo de autorización se debe presentar a las autoridades, en primer lugar, se tendrá que estudiar en qué categoría operacional en la que se enmarca la operación deseada. Se deberán estudiar las características de cada escenario operacional, desde las categorías más estandarizadas a las menos estandarizadas. A continuación se analizarán las categorías según se ha especificado en el capítulo 2.3.1 de Preevaluación.

- **Categoría abierta**

En primer lugar, se debe comprobar si la operación se enmarca en un escenario de categoría abierta (A1, A2 o A3). Se concluye que las operaciones no pueden llevarse a cabo en categoría abierta porque no se puede garantizar el cumplimiento del artículo 4 del Reglamento de Ejecución 2019/947 de la Comisión [4], en concreto:

- La tecnología usada, tanto el dron DJI Matrice 3TD como el nido DJI Dock 2, no se ajusta a una de las clases establecidas en el Reglamento Delegado (UE) 2019/945, no es de construcción privada y no cumple las condiciones definidas en el artículo 20;
- El piloto a distancia no se encuentra en el área de la operación, por lo tanto, no es posible mantener en todo momento la aeronave no tripulada dentro del alcance visual.

Por otro lado, la categoría abierta solo abarca operaciones con un riesgo operacional bajo, por lo tanto, la propuesta de vigilancia no puede clasificarse dentro de esta categoría. La propuesta pretende realizar una operación con tecnología que no se enmarca en categoría abierta dada la proximidad a personas.

- **Categoría específica: escenarios estándar**

En segundo lugar, se debe analizar que la operación no se encuentra dentro de uno de los escenarios estándar nacionales (STS-ES-01 y STS-ES-02).

El estándar STS-ES-01 no se adecua a la propuesta ya que únicamente contempla operaciones que se realizan en VLOS y la propuesta se realizará en BVLOS. Además para este escenario el dron usado debe de estar certificado con clase C5, lo cual el DJI Matrice 3TD no dispone de marcado de clase. Por otro lado, el estándar STS-ES-01 se aplica a operaciones en un área terrestre controlado, sin embargo, el proyecto pretende aplicarse tanto a áreas terrestres controladas como a áreas terrestres no controladas.

El presente proyecto tampoco puede enmarcarse en las características de un estándar STS-ES-02. En este estándar se pretende realizar la operación BVLOS con observadores, sin embargo, el proyecto pretende realizar la operación en BVLOS sin observadores en el área de la operación usando el sistema de nido DJI Dock 2. Además para este escenario el

dron usado debe de estar certificado con clase C6, lo cual el DJI Matrice 3TD no dispone de marcado de clase. Por otro lado, el estándar STS-ES-02 se aplica a operaciones en una área terrestre controlada, sin embargo, el proyecto pretende aplicarse tanto a áreas terrestres controladas como a áreas terrestres no controladas [13].

- **PDRA**

Por último, se debe analizar si la operación pretendida podría enmarcarse dentro de alguna evaluación de riesgos predefinida (PDRA) publicada por EASA [17].

- La propuesta no puede seguir el modelo de la PDRA S-01 ya que se trata de una evaluación predefinida para operaciones en VLOS en la cual no puede haber personas no involucradas presentes en el área terrestre controlada. Pues esta PDRA está principalmente dirigida a operaciones de carga de corto alcance.
- En la PDRA S-02 se puede realizar la operación en BVLOS, se realiza en área terrestre escasamente poblada y puede realizarse en espacio aéreo controlado y no controlado. La propuesta podría seguir esta PDRA si no fuera porque se especifica que se deben usar observadores del espacio aéreo.
- PDRA G-01 detalla que deben usarse observadores aéreos a lo largo de la operación, pues la propuesta usará el sistema de nido y el piloto se encontrará de manera remota. Además, esta PDRA está dirigida únicamente a operaciones en espacio aéreo no controlado.
- La PDRA G-02 está dirigida a operaciones únicamente en espacio aéreo reservado o segregado.
- En cuanto a la PDRA G-03, las especificaciones técnicas no son compatibles con el sistema de nido que se pretende usar. Además, esta PDRA exige que se tenga un rango directo del enlace C2.

Por lo tanto, la operación no puede realizarse de acuerdo con alguna de las PDRAs publicadas por EASA.

- **Categoría certificada**

La propuesta no está clasificada como categoría certificada ya que no cumple con ninguno de los requisitos que podrían clasificar la operación como certificada [14]:

- El diseño de la tecnología de la propuesta no está certificada por EASA para ser utilizado sobre concentraciones de personas.
- El diseño de la tecnología de la propuesta no está certificada por EASA para el transporte de personas.
- El diseño de la tecnología de la propuesta no está certificada por EASA para el transporte de mercancías peligrosas.

Por último, la operación no está sujeta a una específica NO-GO de AESA.

En conclusión, no se puede aplicar ninguno de los escenarios comentados anteriormente, pues el operador de UAS necesitará elaborar una autorización operacional para poder llevar a cabo la propuesta. Se deberán seguir los siguientes pasos:

- 1) Se realizará el análisis de Riesgos Operacionales mediante la metodología SORA.
- 2) Se desarrollarán las medidas de mitigación necesarias para reducir los riesgos identificados
- 3) Se presentará la autorización a la autoridad competente, en este caso, se deberá presentar a Agencia Estatal de Seguridad Aérea mediante su sede electrónica.
- 4) Se seguirá el proceso de comunicación y subsanaciones con la autoridad hasta la aprobación de la autorización.

4. Implementación de la documentación necesaria

Después de decidir que la propuesta del proyecto se enmarca bajo la categoría específica bajo una autorización operacional, se debe elaborar la documentación necesaria que AESA ha definido [14]:

- 1) Evaluación del riesgo de la operación de acuerdo con el artículo 11 del Reglamento (UE) 2019/947, la cual se elaborará en el documento de Estudio Aeronáutico de Seguridad.
- 2) Manual de Operaciones.
- 3) Caracterización de la tecnología.
- 4) Instrucciones de mantenimiento del UAS, las cuales se incluyen en el Manual de Operaciones.
- 5) Registros de mantenimiento del UAS, los cuales se incluyen en los anexos del Manual de Operaciones.
- 6) Confirmación por parte del operador de UAS de que se dispondrá de un seguro adecuado para cada vuelo realizado en el marco de la autorización.
- 7) Evidencias de cumplimiento de los objetivos de seguridad operacional (OSOs) aplicables al SAIL de la operación, los cuales se incluyen en el documento de Estudio Aeronáutico de Seguridad.
- 8) En el caso de operaciones en espacio aéreo controlado y/o FIZ, el operador deberá disponer de procedimientos de coordinación con el proveedor de servicios de tránsito aéreo correspondiente. Se elaborará el modelo EARO necesario para el concepto de operación de la autorización.

4.1 Manual de Operaciones

Según se indica en UAS.SPEC.030 (3)(e) de la parte B del anexo al Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, el **Manual de Operaciones (MO)** debe contener los siguientes apartados [31]:

- **Introducción. Declaración operacional**

En la introducción se ha creado el sistema de enmienda y revisión en el cual se reflejarán las revisiones y modificaciones que sean necesarias aplicar según la evaluación posterior de AESA (véase capítulo 1.2, 1.3 y 1.4 del MO). Se presenta el objetivo del documento (véase capítulo 1.5 del MO) y una declaración operacional (véase capítulo 1.6 del MO) en la cual el responsable de la operadora de UAS deberá declararse responsable de los documentos de la autorización.

- **Descripción de la organización**

Se han definido los cargos de todo el personal implicado en la organización del operador de UAS y se ha creado el organigrama de la organización (véase capítulo 2.1 del MO).

Asimismo, se han definido de manera general las funciones, las responsabilidades y las formaciones necesarias de cada responsable tal y como indica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 (véase capítulo 2.2 y 2.3 del MO).

- **Concepto de Operación**

Se han definido las características principales de la propuesta (véase capítulo 3.1 del MO) y los medios técnicos que se utilizarán en ella (véase capítulo 3.2 del MO). Además, se han detallado las funciones y responsabilidades específicas de todos los cargos de la operadora para el ConOps de la autorización (véase capítulo 3.3 del MO) y se han especificado las formaciones necesarias como se definen en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 (véase capítulo 3.4 del MO). Dado que la operación se realizará en BVLOS, también se ha incorporado la formación necesaria para este escenario (véase capítulo 3.4.1 del MO). Además, se presentan las precauciones relacionadas con la salud del personal y se han definido las limitaciones de tiempo de vuelo (véase capítulo 3.4.8 del MO). Por último, se han especificado las responsabilidades del personal para las tareas de mantenimiento (véase capítulo 3.6 del MO).

- **Procedimientos normales**

Los procedimientos que se deberán seguir para las operaciones se han dividido en tres etapas:

- 1) Planificación antes del vuelo (véase capítulo 4.1.1 del MO)

Se han especificado las tareas de inspección del lugar de la operación previas al vuelo, las cuales consisten en la evaluación del lugar de la operación, del espacio aéreo, condiciones ambientales y climatológicas y coordinación con terceros según el tipo de área en el que se encuentre la nave industrial.

- 2) Fase de operación (véase capítulo 4.1.2 del MO)

Se han definido los pasos a seguir antes de la operación.

- 3) Procedimientos post-vuelo (véase capítulo 4.1.3 del MO)

Se han definido los pasos a seguir para finalizar la operación.

Se han desarrollado unas checklists generales basadas en el ConOps que se deberán aplicar antes, durante y después de cada vuelo de UAS para asegurar la máxima eficiencia y eficacia de los recursos y garantizar la seguridad de la operación. En los anexos se pueden encontrar las checklists.

Por último, se han considerado aspectos relacionados al deterioro de los sistemas externos (estación y dron).

- **Procedimientos de contingencia**

Se han considerado las siguientes situaciones en las que se deberán aplicar los procedimientos de contingencia (véase capítulo 5 del MO):

1. UAS ha abandonado la geografía de vuelo.
2. UAS ha abandonado el plan de vuelo.
3. Aeronaves ajenas a la operación entrando en el volumen de "contención".
4. Personas no involucradas entrando en la zona terrestre controlada.
5. Procedimientos para hacer frente a condiciones de operación adversas inesperadas.

6. Deterioro de los sistemas externos que respaldan la operación.

Por otro lado, se establece también un sistema de gestión de amenazas y errores (TEM) para todas las etapas del vuelo, el cual está detallado en los anexos del MO.

● **Procedimientos de emergencia y plan de respuesta a emergencias (ERP)**

Se han desarrollado los pasos que la operadora deberá seguir desde la detección de la emergencia hasta su resolución. Se han considerado las siguientes situaciones de emergencia (véase capítulo 6 del MO):

1. UAS saliendo del volumen de contingencia.
2. Aeronaves ajenas a la operación entrando en el volumen de "contención".
3. Condiciones de operación adversas inesperadas.
4. Deterioro de los sistemas externos que respaldan la operación, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de la estación y el dron de la operación.

En el capítulo 7 del MO, se muestra el Plan de Respuesta a la Emergencia (ERP) para la operación en la que se describen las funciones del personal y los procedimientos que se deberán seguir en cada tipo de alerta. Para elaborar el ERP, se han tenido en cuenta los cuatro escenarios de emergencia, se ha creado una checklist para cada situación. En la checklist se han definido el orden de los pasos a seguir, el responsable de cada paso, la función de la emergencia y el nivel de gravedad de la alarma.

● **Security y otros procedimientos**

Por último, en el Manual de Operaciones se deben incluir aquellas consideraciones relevantes para la operación que no se incluyen en los pasos que establece la metodología SORA. Se han añadido cuatro apartados, los cuales se han considerados importantes para la operación:

1. Security (véase capítulo 8 del MO)
Para asegurar la seguridad de las operaciones se han tenido en cuenta también otros factores: el acceso de personal a la zona de operaciones, el acceso de la aeronave y que el sistema de comunicación entre la estación y el dron no admite interferencias deliberadas.
2. Directrices para minimizar las molestias y el impacto ambiental (véase capítulo 9 del MO)
Mediante el modelo semántico de la operación se justifica el impacto sonoro de las operaciones.
3. Procedimientos de notificación de sucesos (véase capítulo 10 del MO)
En el caso de un accidente, incidente o suceso se deberá notificar siguiendo las indicaciones que se han definido en este capítulo. Se adjunta en los anexos el formulario de notificación.
4. Procedimientos de conservación de registros (véase capítulo 11 del MO)
Se deberán registrar en el libro del piloto los vuelos realizados y se anotará en el registro de vuelos del dron todos los vuelos y revisiones de mantenimiento. Se adjunta en los anexos una plantilla para el registro del piloto y para el mantenimiento del dron.

- **Listado de apéndices**

En los apéndices se han desarrollado plantillas que deberá rellenar el responsable y otros procedimientos de la operadora de UAS para los vuelos. Se han desarrollado plantillas y tablas de checklists que hacen referencia a:

1. Planificación del vuelo
2. Comprobaciones previas al vuelo
3. Comprobaciones en la fase de vuelo
4. Comprobaciones post-vuelo
5. Comprobaciones de mantenimiento
6. Registros de vuelo y del dron
7. Registros de formación del personal
8. Gestión de amenazas y errores (TEM)

Además, se han incluido las instrucciones de mantenimiento, una de las medidas necesarias para la justificación del riesgo del documento EAS.

4.2 Estudio Aeronáutico de Seguridad (EAS)

El EAS consiste en un documento de tipo genérico que plantea operaciones para cualquier fecha o lugar siempre y cuando dichas operaciones se limiten al Concepto de Operación descrito. A partir del EAS, el operador de UAS demuestra o pretende demostrar la seguridad de las operaciones a las autoridades competentes.

El documento EAS está basado en las recomendaciones que AESA publicó en su web oficial según el artículo 11 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019 [4]. El documento se ha estructurado de la siguiente manera:

1. Introducción

Se explican las definiciones más significativas para el documento, las cuales son extraídas del vocabulario que se detalla en Reglamento (UE) 2018/1139. Además, se presentan los acrónimos y abreviaturas que aparecen a lo largo del documento.

De acuerdo con las guías del EAS publicadas por AESA, el documento debe seguir la estructura del SORA desarrollada por JARUS. Se ha creado un subapartado específico para el registro de versiones del documento hasta su aprobación. También, se ha redactado una declaración responsable en el cual el responsable de la operadora de UAS declara responsabilidad acerca la elaboración y el posterior cumplimiento medidas que se definen a lo largo del documento para demostrar la seguridad de la operación.

2. Evaluación de riesgo basada en SORA

Paso #1 - Concepto de Operación

En el primer paso se describe el Concepto de Operación de la autorización operacional. Se definen las principales características de la operación que marcaran el análisis de riesgos posterior.

- Esta propuesta está caracterizada por ser una operación en la cual el piloto a distancia no se encuentra físicamente en la zona de operaciones. Se utilizará un sistema de estación de UAS que permitirá llevar un vuelo automático.
- En cuanto al tipo de espacio aéreo, se han contemplado todos los escenarios posibles para así poder dar flexibilidad a la empresa de seguridad privada a la hora de elegir las naves en las que quiere aplicar este sistema.
- La zona terrestre contemplada es de zonas industriales, por lo tanto, se considerarán los riesgos que se encuentran en zonas urbanas escasamente pobladas.
- Se ha limitado la altura a 120 metros (100 metros más 20 metros de contingencia) para poder considerar naves industriales de diferentes dimensiones.
- En el documento se definen otras características como los medios técnicos, limitaciones de las condiciones meteorológicas, entrenamiento de la tripulación...

Para definir las distancias de seguridad se ha tenido en cuenta:

- Se ha definido una geografía de vuelo de 2000 metros horizontales y de 120 metros en vertical para proporcionar flexibilidad a la operación.
- Para el establecimiento de las distancias del volumen de contingencia se han tomado como referencia las distancias establecidas en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, en el que se define el escenario estándar STS-02.
- Para la determinación del riesgo de en aire y en tierra se ha definido la velocidad media de vuelo a 3 m/s y un tiempo de reacción de 5 segundos (se ha incrementado el tiempo de reacción conservador del MoC Light-UAS.2511).
- También se han tenido en cuenta otras consideraciones explicadas en el EAS.

Paso #2 - GRC Inicial

Para determinar el índice de riesgo en tierra se ha tomado la tabla presentada en el apartado 2.2 del documento EAS y se ha obtenido que el GRC inicial es 3. Para su determinación, se ha tenido en cuenta que la dimensión máxima del dron DJI Matrice 3TD es inferior a 1 metro y que su energía cinética típica esperada es inferior a 700 J. Además, el Concepto de Operación definido se identifica con el escenario operacional de vuelo en BVLOS sobre una zona escasamente poblada.

Paso #3 - GRC Final

Para poder reducir el GRC se han considerado los tres tipos de medidas de atenuación:

- M1: No se aplican medidas de mitigación estratégica de riesgo en suelo.
- M2: La aeronave DJI Matrice 3TD no dispone de un sistema de reducción de energía de impacto (por ejemplo, un paracaídas), ni se puede añadir un sistema ya que la caja Dock 2 no permite este tipo de carga útil.
- M3: Se dispone de un Plan de Respuesta a la Emergencia en el que se explica el sistema de terminación segura. Este plan está explicado en el Manual de Operaciones. Esta medida tiene una robustez media.

A partir de estas medidas, se concluye un GRC final igual a 3.

Paso #4 - ARC Inicial

A partir de aplicar el flujograma para la determinación del AEC presentado en el EAS, se determina que el ARC inicial es ARC-d. Este ARC corresponde a la clase de riesgo más restrictiva que se describe en el concepto de operación: operaciones en espacio aéreo B, C o D.

Paso #5 - Mitigaciones estratégicas

Se ha considerado que el ARC inicial calculado en el paso 4 es elevado, por lo tanto, se aplicará este paso opcional para reducirlo. Se aplicarán medidas estratégicas por restricciones operacionales y por estructuración y reglas comunes para reducir la ratio de encuentro con otras aeronaves. En el apartado del paso 5 del EAS se desarrollan las mitigaciones estratégicas propuestas que tienen en cuenta los dos escenarios de la propuesta:

- Para operaciones en espacio aéreo no controlado.
- Para operaciones en espacio aéreo controlado. Estas medidas se tendrán en cuenta para la coordinación con el ATSP responsable del espacio aéreo.

A partir de aplicar estas mitigaciones se reduce el ARC inicial a ARC-b.

Paso 6# - Atenuaciones tácticas

Para reducir cualquier riesgo de colisión en el aire se han desarrollado un conjunto de mitigaciones tácticas aplicables al vuelo en BVLOS que la propuesta de vigilancia define. Se han elaborado las mitigaciones para vuelos en espacio aéreo controlado y no controlado, tal y como se define el ConOps.

Paso 7# - Determinación del SAIL

En este paso se calcula el nivel de confianza en que la operación permanecerá bajo control. A partir de las mitigaciones que se han aplicado en los anteriores pasos han logrado reducir este nivel de riesgo. A partir de la tabla mostrada en el EAS, se concluye que el SAIL de esta autorización es II, es decir, se ha conseguido un riesgo operacional bajo, resultado de un ARC final B y de un GRC final 3.

Paso 8# - Objetivos de Seguridad Operacional (OSO)

Dado que la operación es de riesgo bajo (SAIL II) se han justificado los OSO usando la guía que AESA propone. En la tabla del EAS se han subrayado los OSO no optativos relacionados al SAIL II. En el apartado 2.5 del EAS se han explicado las medidas que justifican el nivel de robustez de cada OSO.

Paso 9# - Áreas adyacentes

Se ha utilizado el modelo en Excel para el cálculo del área adyacente que AESA propone. Se ha obtenido una distancia de área adyacente de 420 metros. Para calcular el área a tener en cuenta en el caso de una pérdida de control del dron se ha tenido en cuenta:

- Nivel SAIL II de la operación
- La velocidad media de la operación (30 km/h)
- Endurance, es decir, el tiempo probable de operación bajo pérdida de control: se ha establecido 3 minutos porque se trata de un dron de ala rotatoria.

Por otro lado, se ha calculado la densidad de población tomando como ejemplo la localización del vuelo de prueba. A partir de la página web oficial EUROSTAT JRC-GEOSTAT 2018 [16] se ha obtenido que el área adyacente es inferior a 250 habitantes/Km², por lo tanto, se trata de una zona escasamente poblada.

Puesto que el ARC final no es ARC-d, se ha valorado que no es necesario aplicar un nivel de contención superior para reducir el área adyacente, por lo tanto, no se aplicaría un sistema de contención mejorada basada en MOC Light-UAS.2511-01 de EASA [32].

Paso 10# - Informe exhaustivo de seguridad

Se detallan los pasos realizados en el EAS y se especifica que en el Manual de Operaciones se desarrollan otros requisitos adicionales que SORA no identifica: seguridad e impacto ambiental.

4.3 Caracterización técnica de la tecnología

Otra de la documentación necesaria a presentar para una autorización operacional consiste en la caracterización técnica de la tecnología usada en la operación. Para esta propuesta se usará:

- Aeronave: **DJI Matrice 3TD**
- Estación de UAS: **DJI Dock 2**

La caracterización técnica se ha elaborado tomando como referencia las especificaciones que el fabricante DJI ha publicado en su página web. Se ha consultado el manual de usuario y el manual de instalación y configuración propuesto para DJI Dock 2 y para DJI Matrice 3TD. Además, se ha investigado sobre las baterías inteligentes, el sistema de comunicaciones y el sistema DAA, es decir, el sistema de *Detect and Avoid* que se añadirá al dron.

Dado que se trata de un sistema compuesto por un dron y un sistema de nido compatibles, pensados para ser usados juntos y del mismo fabricante, se ha elaborado un único documento que aborda los aspectos técnicos más importantes de ambos.

Para la elaboración del documento de caracterización se ha tomado como guía el Anexo A de AMC1 al artículo 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 [4]. A continuación se detallan los apartados del documento de caracterización.

1. Segmento de aeronave no tripulada y sistema de nido

En el apartado 1 de descripción del sistema se muestran las especificaciones técnicas de ambas tecnologías: se especifican el fabricante y modelo, el tipo de aeronave y otras informaciones relevantes. Además, se presenta un esquema del sistema en el que se detallan todas las partes del dron y la estación.

Por otro lado, véase los apartados 1.2 de especificaciones y los apartados 3 y 4 del documento de caracterización en los que se ha detallado lo siguiente referente al dron y a la estación :

- Descripción del fuselaje
- Rendimiento del UAS
- Sistema de propulsión
- Superficies de control de vuelo y actuadores
- Sensores
- Cargas útiles

2. Control de UAS

Véase el apartado 2 de procedimientos de vuelo se introduce el programa de gestión de la aeronave y la estación. En el apartado 5 se desarrollan las funcionalidades del sistema DJI Flight Hub 2.

3. Sistema de contención

Se especifican los sistemas del dron para la contención, es decir, los mecanismos del dron para evitar áreas o volúmenes o el confinamiento en una área concreta. Se trata de los sistemas de geo-awareness, geo-fencing y/o geocaching. En el apartado 4.9 de restricciones de vuelo se definen los sistemas que emplea el fabricante DJI para las restricciones del área de vuelo.

4. Equipos de soporte en tierra

Hace referencia al equipo de apoyo en tierra formado por las baterías y sistemas de transporte de la estación y del dron. En el apartado 3.8 del documento de caracterización se detallan las especificaciones de la batería de la estación y en el apartado 4.8 las baterías de vuelo inteligente del dron Matrice 3TD.

5. Enlace de mando y control (C2)

El sistema de comunicación entre la estación y el dron se realiza a través del sistema DJI O3 Enterprise, el cual se define en el apartado 7 del documento de caracterización. En el caso de pérdida del enlace C2 se seguirán los pasos descritos en el apartado 4.8.2.

6. Sistema de emergencia y seguridad

En el apartado 3.3 y 4.8 se detallan los procedimientos de emergencia para diversas situaciones. Por otro lado, se definen los sistemas de seguridad para la terminación inmediata del vuelo en caso de contención en el apartado 4.2.

4.4 Vuelos de prueba

Antes de llevar a cabo las operaciones, se deben de realizar vuelos de prueba. A partir de estas pruebas, se evaluará la eficacia y la seguridad de los sistemas antes de ser utilizados en las zonas de vuelo previstas. Se ha seleccionado una localización que cumple con los requisitos del concepto de operación de la propuesta, respetando el mismo modelo semántico que se pretende seguir en las operaciones reales.

Antes de realizar los vuelos de prueba, se debe elaborar un documento de Estudio Aeronáutico de Seguridad específico para la localización elegida. Véase en los anexos el documento de Estudio Aeronáutico de Seguridad específico en el que se especifican las características de la operación, los medios técnicos, el estudio de mitigaciones de riesgos SORA aplicado a esta localización y el listado de procedimientos y revisiones para operar el vuelo.

Se ha elegido la siguiente localización para realizar los vuelos de prueba:

- Nave Amazon en Figueres, Girona ($42^{\circ}14'11.7''\text{N } 2^{\circ}59'35.0''\text{E}$)



Figura 4.1. Imagen aérea localización. [43]



Figura 4.2. Imagen nave perfil. [44]

En la siguiente imagen se evalúa la densidad de población de la nave industrial para justificar que se ajusta a la categoría de operación en entorno escasamente poblado (inferior a 250 habitantes por km^2).

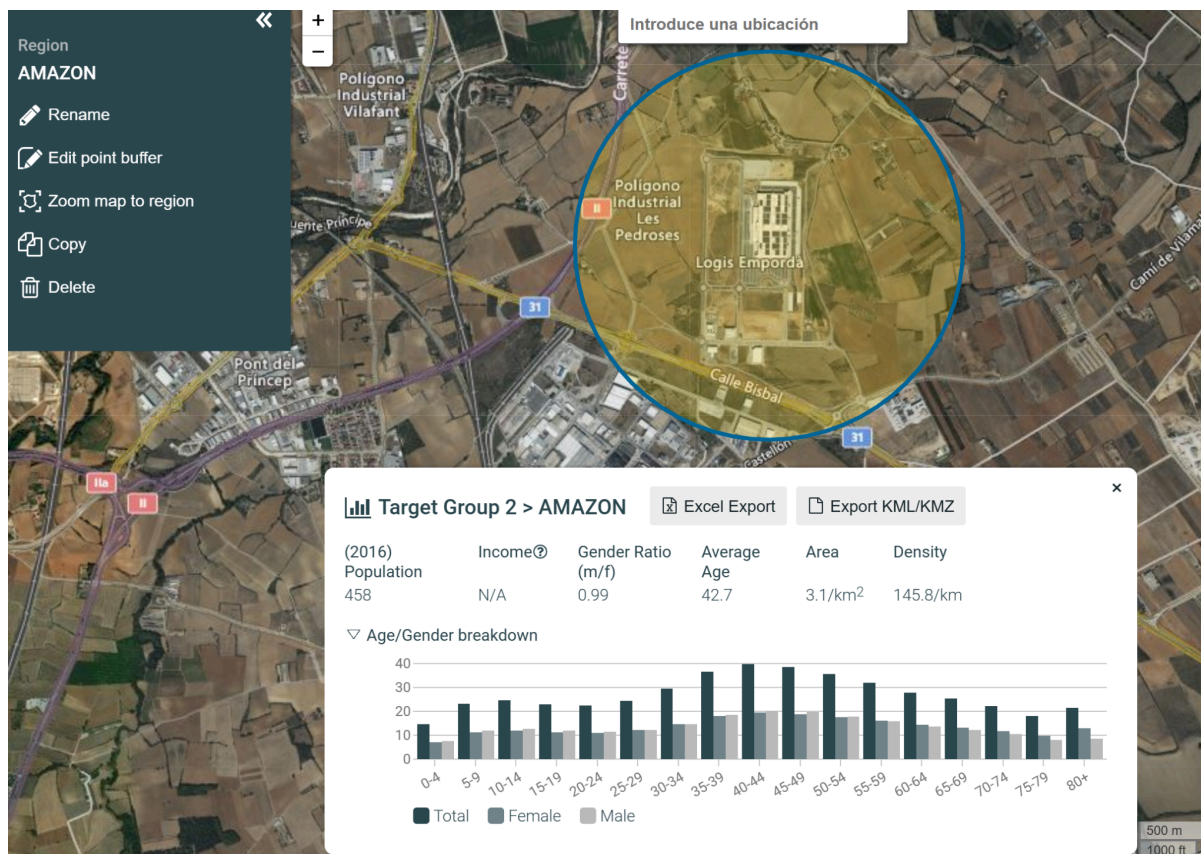


Figura 4.3. Densidad de población en localización. [45]

A partir de la plataforma de ENAIRE drones [33] se observa que la zona de la nave no se encuentra dentro de las distancias de seguridad de ningún aeródromo ni bajo la influencia de otro tipo de área definida en el apartado 2.4.

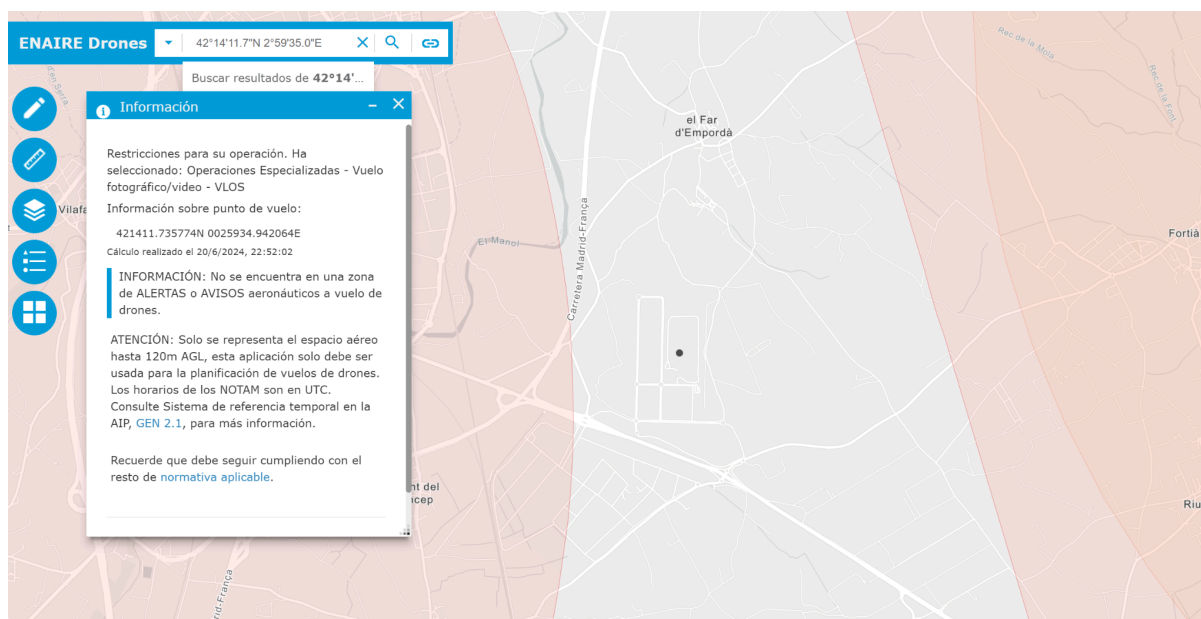


Figura 4.4. ENAIRE Drones de la localización. [33]

En la siguiente imagen se expone de manera orientativa el modelo semántico de la operación en la localización específica. Se ha representado en verde la geografía de vuelo, en naranja la zona de contingencia donde se aplicarían los procedimientos de contingencia y en rojo el margen de riesgo donde se aplicarían los procedimientos de emergencia.



Figura 4.5. Modelo semántico específico. [43]

4.5 Procedimientos de coordinación con ATSP

En el caso que la nave industrial esté situada en espacio aéreo controlado y/o zona de información de vuelo (FIZ) se deberá presentar al Proveedor de Servicios de Tránsito Aéreo (ATSP) correspondiente un documento de evaluación y atenuación del riesgo operacional (EARO). En el documento se detallan los datos personales del operador de UAS y de la dependencia ATSP [34].

En España existen tres ATSP con los que se debe coordinar: ENAIRE, SKYWAY y SAERCO. Por otro lado, también podría darse el caso de tener que coordinar con un aeródromo militar, el cual también cuenta con un documento EARO para cada base militar. El procedimiento de solicitud de coordinación del documento EARO es diferente para cada proveedor, pero a grandes rasgos, el operador de UAS debe solicitar vía mail el EARO necesario y presentar su documentación y certificado de operador de UAS.

En el EARO se debe definir la categoría de operación que se pretende llevar a cabo, especificando todos los detalles de la operación. Se debe reflejar el Concepto de Operación que se ha aplicado en el documento EAS, es decir, detallar que es una operación bajo autorización operacional. Por otro lado, se deben especificar los medios técnicos: el modelo UAS DJI Matrice 3TD y el sistema de nido DJI Dock 2 con sus correspondientes características técnicas más relevantes.

A continuación, se debe rellenar la tabla del Modelo semántico de la operación tal y como se ha diseñado en el documento EAS, definiendo la geografía de vuelo, el volumen de contingencia mínimo y el margen mínimo por riesgo en aire. Además, se deberán detallar las medidas de atenuación estratégicas y tácticas necesarias para garantizar la seguridad y continuidad de las operaciones aéreas.

Por último, se especificarán los procedimientos de coordinación con ATSP definiendo el indicativo ARCID, el indicativo de llamada (*callsign*) y los medios de comunicación del operador. Se ha definido el *callsign* y ARCID: SECU##.

En un documento anexo a la memoria se proporcionará una copia del documento EARO necesario para la propuesta dirigido al proveedor ATSP de ENAIRE. A continuación, se presenta un ejemplo de Concepto de Operación de un EARO ENAIRE [35].

2. DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE OPERACIÓN (CONOPS) Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

2.1. ConOps

Las operaciones deberán ajustarse al ConOps siguiente:

| |
|---|
| CATEGORÍA ABIERTA (subcategorías A1, A2, A3) |
| VLOS |
| DIURNO y/o NOCTURNO |
| DENTRO DE ESPACIO AÉREO CONTROLADO |
| FUERA DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD RESPECTO A AERÓDROMOS ¹ |
| Con RPAS |
| ALTURA MÁXIMA 60 m |

Este documento es aplicable a aquellas operaciones áreas con aeronaves pilotadas remotamente que se ajusten a los siguientes parámetros:

- El operador de UAS esté registrado.
- Se opere según la categoría abierta, subcategorías A1, A2 o A3

| UAS | | Operación | |
|-----------------------------|---------|--------------|--|
| Clase | MTOM | Subcategoría | Restricciones operacionales |
| Construcción privada | < 250 g | A1 | <ul style="list-style-type: none"> • No se recomienda volar por encima de personas. • No está permitido el vuelo sobre reuniones de personas. |
| Legacy < 250 g | | | |
| C0 | < 900 g | A1 | <ul style="list-style-type: none"> • No volar por encima de ninguna persona no participante. • No está permitido el vuelo sobre reuniones de personas. |
| C1 | | | |
| C2 | < 4 kg | A2 | <ul style="list-style-type: none"> • No volar por encima de ninguna persona no participante. • 30 m de cualquier persona no participante. • 5 m de distancia si dispone de modo de baja velocidad. |
| C3 | | | |
| C4 | < 25 kg | A3 | <ul style="list-style-type: none"> • No volar cerca de personas. • Distancia de 150 m respecto de: <ul style="list-style-type: none"> - Zonas residenciales - Zonas comerciales |
| Construcción privada | | | |
| Legacy ² > 250 g | | | |

Figura 4.6. Plantilla EARO ENAIRE. [35]

5. Estudio de viabilidad económica

En este apartado se pretende demostrar económicamente el potencial de la propuesta de vigilancia con drones para la videovigilancia de una nave industrial privada. Mediante el siguiente estudio coste-beneficio se compara la propuesta tradicional con vigilantes de seguridad en comparación con la propuesta de este proyecto con drones.

A) PROPUESTA CON DRONES

A continuación, se presentan los costes para 1 año para la propuesta A:

| PROPUESTA CON DRONES | | | |
|---|----------------|---------------------|----------|
| Medios | Coste unitario | Unidades necesarias | Total |
| DJI Matrice 3TD | 5.000€ | 2 | 10.000€ |
| DJI Dock 2 (instalación incluida) | 8.200€ | 1 | 8.200€ |
| Piloto deslocalizado en centro de control | 32.500€* | 1 | 32.500€* |
| Mantenimiento y reparaciones | 1.500€ | 4 | 6.000€ |
| TOTAL | | | 56.700€ |

Tabla 5.1. Costes de la propuesta con drones. [30]

Dado que el tiempo máximo de vuelo del Matrice 3TD es de 50 minutos y el tiempo de carga del dron en la estación DJI Dock 2 es de 32 minutos, se ha considerado necesario el empleo de dos unidades de drones [30].

Se ha estimado el coste de mantenimiento y reparaciones en 1.500€/trimestre.

(*) Se ha determinado que el puesto de piloto deslocalizado puede controlar desde el centro de control a un mínimo de cuatro (4) naves industriales. Por lo tanto, el coste por el puesto de piloto deslocalizado (contemplando un salario similar al del vigilante de seguridad) será como máximo del 25%, pudiéndose reducir aún más si se controla un número mayor de naves industriales.

B) PROPUESTA TRADICIONAL

A continuación, se presentan los costes para 1 año para la propuesta B:

| PROPUESTA MÉTODO TRADICIONAL DE SEGURIDAD | |
|---|--------------------|
| <i>Medios</i> | <i>Coste Total</i> |
| Vigilante de seguridad (24 horas/365 días) | 130.000€ |

Tabla 4.2. Costes de la propuesta método tradicional de seguridad.

Para el cálculo del coste total se ha tenido en cuenta el Convenio Colectivo de Seguridad Privada [36].

- Coste empresa de un puesto de vigilante de seguridad cubriendo un horario de 24 horas los 365 días al año (8.760 horas/año) se ha estimado un coste de empresa aproximado de 130.000€.

En conclusión, la propuesta A, que utiliza el sistema tecnológico que es controlado por un piloto deslocalizado, y que, a su vez, proporciona un incremento de la visibilidad gracias a las múltiples cámaras del dron, supone un ahorro económico del 56,38% respecto a la propuesta B.

6. Seguridad y protección de datos

El uso de drones y la privacidad de las personas son dos cuestiones estrechamente relacionadas y complejas en la actualidad. El uso de drones en el ámbito civil ha aumentado significativamente, planteando desafíos en cuanto a la protección de datos personales.

El derecho a la protección de datos es un derecho fundamental que garantiza la capacidad de cualquier persona a controlar sobre su propia información personal. El uso de drones puede comprometer este derecho al capturar imágenes, vídeos, datos biométricos o de geolocalización, que podrían vulnerar la privacidad de las personas. Tanto el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) como la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de derechos digitales (LOPDGDD) se aplican a cualquier operación de drones que involucre datos personales.

Las operaciones con drones se pueden dividir en tres categorías según el tratamiento de datos: aquellas que no involucran tratamiento de datos personales (inspección de infraestructuras, topográfica, del terreno..), aquellas con riesgo de tratamiento no intencionado, y aquellas cuya finalidad es el tratamiento de datos personales, como la videovigilancia [38] [39].

La propuesta de este proyecto debe tener en cuenta el RGPD y la LOPDGDD, así como lo establecido en la guía sobre el uso de videocámaras para seguridad y otras finalidades de la Agencia Española de Protección de Datos. Las normativas establecen que se debe elegir la tecnología más adecuada a la finalidad de la operación y adoptar todas aquellas medidas posibles en materia de privacidad que eviten la recopilación y tratamiento de datos innecesarios. Por otro lado, se deberá establecer un mecanismo de comunicación para informar a las personas que puedan verse afectadas.

En el Manual de Operaciones se han especificado un conjunto de consideraciones de privacidad. Se pretenden aplicar medidas a la hora del tratamiento y estudio de las imágenes para así respetar la privacidad de personas no involucradas [37].

- Una de las medidas consiste en difuminar el rostro de aquellas personas que no son objeto de la grabación. Esta medida asegura que la información personal de individuos no involucrados se mantenga protegida y que se cumpla con las normativas de protección de datos personales.
- En la zona de operación, se colocarán señalizaciones adecuadas para que las personas afectadas puedan informarse sobre la presencia y actividad del dron. Además, se intentará que el dron de la operación sea lo más identificable y visible posible.
- Se establecerá un mecanismo de configuración respetuoso con la privacidad.
- Tras la recopilación de datos, se procederá a eliminar cualquier dato innecesario, garantizando así una mayor protección de la información personal.

7. Conclusiones

En el presente capítulo se exponen las conclusiones derivadas de la realización de este Trabajo de Fin de Grado. En los siguientes párrafos se desarrollan las soluciones que dan respuesta al objetivo principal y a los objetivos secundarios del proyecto.

Para poder dar una solución a la propuesta con drones, se ha llevado a cabo una investigación de la normativa que permite abordar la solución compleja que se propone. Se ha indagado en todas las opciones operativas con drones que define la normativa europea, examinando el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y el Reglamento Delegado (UE) 2019/945, y la normativa española, estudiando el Real Decreto 1036/2017. Del resultado de esta investigación se desprenden tres vías diferentes en las que se pueden enmarcar las operaciones con drones: categoría abierta, categoría específica u optar por la categoría certificada, cada una con sus limitaciones.

Antes de realizar el estudio de la categoría operacional, se han detallado algunas cuestiones que definen el concepto de operación de la solución. En primer lugar, se han analizado las limitaciones que la normativa determina relacionadas con la solución tecnológica de seguridad que se propone. Se ha definido un proyecto en el cual se pretende dar respuesta a la vigilancia de naves industriales a través de un centro de control desde donde se controlarán los drones que realizarán las tareas de vigilancia en diferentes naves industriales. En dicha investigación, se han tenido en cuenta factores como la proximidad de personas durante una operación con drones o la posibilidad de tener un piloto deslocalizado.

Por otro lado, se han expuesto las variantes de tipos de autorización, es decir, la posibilidad de elaborar una autorización de carácter general o específica. Dada la necesidad de poder ofrecer un sistema de vigilancia lo más flexible posible, que pueda dar respuesta a múltiples localizaciones, se ha concluido que una autorización genérica es la opción más adecuada. Asimismo, se ha investigado el enfoque que este proyecto con drones puede ofrecer en cuanto a innovación, eficiencia y viabilidad reglamentaria para las empresas de vigilancia. Se ha considerado pues la realización de una operación con drones automática en contraposición con una operación autónoma, la cual podría dar respuesta al objetivo de este proyecto sin la necesidad de añadir más riesgo a la seguridad de la operación.

Otro de los aspectos a investigar en este proyecto es la configuración de un sistema tecnológico que dé una respuesta eficiente a la propuesta. Dado que se ha considerado realizar una operación automática en la cual el piloto no se encuentra en la zona de operación, para poder llevar a cabo esta operación, se debe seleccionar un sistema con drones que permita, gracias a sus sistemas de comunicación y a los indicadores que proporcionan los sensores, realizar operaciones automáticas seguras y eficientes. Se han establecido diversos factores a considerar para la elección, los cuales han concluido en la utilización de la última versión de estación de drones para operaciones con piloto deslocalizado del fabricante DJI, el sistema DJI Dock 2, junto con el dron DJI Matrice 3TD.

Para la determinación de la categoría operacional se ha seguido el proceso de preevaluación que AESA indica, en el cual se ha justificado la no posible elección de realizarse bajo una subcategoría de la categoría abierta, bajo un escenario estándar, bajo una PDRA o bajo la categoría certificada. El resultado de la investigación para determinar la categoría operacional ha determinado que la operación se ajusta a una operación en categoría específica bajo autorización operacional.

Para que la propuesta pueda ser autorizada por las autoridades, dada las complejidades y riesgos que supone, en este proyecto se proporciona el conjunto de documentos necesarios preparados para ser presentados a la autoridad. La documentación se compone de un Manual de Operaciones, en el cual se desarrollan los aspectos esenciales y los procedimientos de la operación, un Estudio Aeronáutico de Seguridad, documento clave en el cual, mediante la aplicación de la metodología SORA, se ha concluido en una operación de riesgo bajo, y un documento de caracterización técnica de los medios usados para la operación. Adicionalmente, se proporciona un estudio de seguridad para los vuelos de prueba y una plantilla para posibles coordinaciones con ATSP. A partir de este conjunto de documentos será posible la autorización por parte de las autoridades para la realización de la propuesta.

Además, se ha desarrollado un estudio de viabilidad económica en el que se ha comparado la propuesta tradicional que utilizan las empresas de seguridad privada en la mayoría de sus operaciones, en contraposición a la solución con drones que se ha formulado en este proyecto. Se ha concluido que la propuesta tecnológica sugerida ofrece una alternativa económicamente atractiva para las empresas. Por lo tanto, no solo es tecnológicamente interesante sino que económicamente también puede ofrecer beneficios a las empresas de seguridad.

Por último, se han considerado las implicaciones que el uso de cámaras puede suponer para los derechos de privacidad de las personas. Se ha incluido un apartado en el que se detallan las posibles medidas que se aplicarían en la propuesta para salvaguardar la seguridad y la protección de datos que se recopilan con el uso de drones. Sin embargo, se considera que esta cuestión debería investigarse más profundamente, ya que podría suponer uno de los factores más problemáticos a la hora de realizar operaciones con drones con finalidades de fotografía y filmación. Además, se debería profundizar también en las cuestiones éticas que supone el uso de drones.

En conclusión, este Trabajo de Fin de Grado ha logrado desarrollar una propuesta innovadora que, a pesar de las limitaciones que presenta dada su complejidad operativa, ofrece una alternativa a las empresas de seguridad privada.

8. Apéndices

ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN ANEXA A LA MEMORIA

| Nombre del documento | Descripción |
|---|--|
| Manual de Operaciones - SECURITY SL V1.0 | Manual de Operaciones |
| EAS - SECURITY SL V1.0 | Estudio Aeronáutico de Seguridad |
| CARACTERIZACIÓN TÉCNICA - DJI Dock 2_DJI Matrice 3TD v1.0 | Caracterización Técnica de la estación DJI Dock 2 y del dron Matrice 3TD |
| EAS_Específica - SECURITY SL V1.0 | Estudio Aeronáutico de Seguridad de una localización precisa (vuelo de prueba) |
| EARO ENAIRE - SECURITY SL V1.0 | Documentación EARO |

Tabla 8.1. Anexos.

El contenido de la documentación anexa a la memoria tiene carácter confidencial, por lo que no se publicará junto a la memoria. Esta información es exclusiva y propiedad de la empresa EU Drone Port y ha sido proporcionada con el fin de la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado. La divulgación, distribución o reproducción no autorizada de cualquier parte de esta documentación está estrictamente prohibida.

9. Referencias bibliográficas

[1] Agencia Estatal del Boletín del Estado, “BOE-A-2014-6856 Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y se modifica el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea.”. Consultado el 25 marzo de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6856>

[2] Agencia Estatal del Boletín del Estado, “BOE-A-2014-10517 Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia.”. Consultado el 25 marzo de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-10517>

[3] Agencia Estatal del Boletín del Estado, “BOE-A-2017-15721 Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea.”. Consultado el 25 marzo de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2017-15721>

[4] EUR-Lex, “Reglamento de ejecución - 2019/947 - EN - EUR-Lex.”. Consultado el 29 marzo de 2024. [En línea] Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32019R0947>

[5] Agencia Estatal del Boletín del Estado, “BOE.es - DOUE-L-2019-81002 Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas.”. Consultado el 29 marzo de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81002>

[6] Agencia Estatal del Boletín del Estado, “BOE.es - DOUE-L-2020-80743 Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639 de la Comisión de 12 de mayo de 2020 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 en lo que concierne a los escenarios estándar de operaciones ejecutadas dentro o más allá del alcance visual.”. Consultado el 29 marzo de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2020-80743>

[7] “Reglamento de ejecución - 2020/746 - EN - EUR-Lex.”. Consultado el 5 abril de 2024. [En línea] Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0746>

[8] “BOE.es - DOUE-L-2021-80978 Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1166 de la Comisión de 15 de julio de 2021 que modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 por lo que respecta al aplazamiento de la fecha de aplicación de los escenarios estándar para las operaciones ejecutadas

dentro o más allá del alcance visual. - Agencia Estatal del Boletín del Estado”. Consultado el 5 de abril de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80978>

[9] “BOE-A-2024-11377 Real Decreto 517/2024, de 4 de junio, por el que se desarrolla el régimen jurídico para la utilización civil de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), y se modifican diversas normas reglamentarias en materia de control a la importación de determinados productos respecto a las normas aplicables en materia de seguridad de los productos; demostraciones aéreas civiles; lucha contra incendios y búsqueda y salvamento y requisitos en materia de aeronavegabilidad y licencias para otras actividades aeronáuticas; matriculación de aeronaves civiles; compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos; Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea; y notificación de sucesos de la aviación civil.- Agencia Estatal del Boletín del Estado,”. Consultado el 5 de abril de 2024. [En línea] Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2024-11377

[10] “BOE.es - DOUE-L-2018-81360 Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2018 sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.o 2111/2005, (CE) n.o 1008/2008, (UE) n.o 996/2010 y (UE) n.o 376/2014 y las Directivas 2014/30/UE y 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan los Reglamentos (CE) n.o 552/2004 y (CE) n.o 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CEE) n.o 3922/91 del Consejo.- Agencia Estatal del Boletín del Estado,”. Consultado el 5 de abril de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-81360>

[11] “Operaciones con UAS/Drones | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 5 de abril de 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-con-uas-drones/>

[12] “Predefined Risk Assessment (PDRA) | EASA.”. Consultado el 5 abril de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/predefined-risk-assessment-pdra>

[13] “Operaciones con UAS/Drones - Categoría Específica | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 15 abril de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-con-uas-drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-especifica>

[14] “Operaciones con UAS/Drones - Categoría certificada | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 15 abril de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-con-uas-drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-certificada>

[15] “JARUS guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA) | Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems”. Consultado el 19 de abril de 2024. [En línea] Disponible: http://jarus-rpas.org/wp-content/uploads/2023/07/jar_doc_06_jarus_sora_executive_summary.pdf

[16] “UAS-OPR-P01-DT07_Ed.02_Guia.evaluación.riesgo | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 19 abril de 2024. [En línea] Disponible: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/UAS-OPR-P01-DT07_Ed.02_Guia.evaluaci%C3%B3n.riesgo.pdf

[17] “Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems - Revision from April 2024 | EASA,” EASA. Consultado el 19 abril de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems>

[18] “Annex B. Integrity and assurance levels for the mitigations used to reduce the intrinsic Ground Risk Class | Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems”. Consultado el 20 de abril de 2024. [En línea] Disponible: <https://uas.gov.ge/dashboard/pdf/GRC.pdf>

[19] “UAS-OPS-DT01_v7_ Zonas.geográficas.UAS | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 26 abril de 2024. [En línea] Disponible: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/UAS-OPS-DT01_v7_Zonas_geograficas.UAS_.pdf

[20] M. Murison, “Ala fija o multirroto ¿qué dron debe escoger para sus tareas de topografía aérea?”. Consultado el 8 mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://enterprise-insights.dji.com/es/blog/drones-ala-fija-y-multirroto>

[21] Santos, “Tipos de drones,” *Grupo UAS*, Mar. 11, 2024. Consultado el 8 mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://grupo-uas.com/tipos-de-drones/>

[22] “Diseño y producción de UAS/drones | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 14 mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/requisitos-de-uas-drones/disenyo-y-produccion-de-uas-drones>

[23] M. Beltran, “Drone in a box,” *EU Drone Port™*, May 04, 2024. Consultado el 14 mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://eudroneport.com/blog/drone-in-a-box/>

[24] “En 2024 entra en vigor el mercado de clase de drones/UAS y la identificación a distancia directa | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 18 mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/noticias/en-2024-entra-en-vigor-el-marcado-de-clase-de-drone-suas-y-la-identificacion-distancia>

[25] M. Beltran, “Aprobada una Nueva Autorización Operacional para Nidos de Drones – Drone-In-A-Box,” *EU Drone Port™*, May 09, 2023. Consultado el 20 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://eudroneport.com/es/noticias/nidos-de-drones-autorizacion-operativa/>

[26] “Dock - DJI” DJI. Consultado el 14 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://enterprise.dji.com/es/dock>

[27] *EU Drone Port™*, “SORA Methodology - Specific Operation Risk Assessment,” *YouTube*. Oct. 11, 2023. Consultado el 18 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=Hki79QhXi14>

- [28] “UAS-POR-P01-GU04_v5_Guia.presentacion.autorización | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 21 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/UAS-OPR-P01-GU04_v5_Guia.presentacion.autorizacion.pdf
- [29] “Drones (UAS) | EASA,” EASA. Consultado el 26 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.easa.europa.eu/en/the-agency/faqs/drones-uas#category-regulations-on-uas-drone-explained>
- [30] “Dock 2 - DJI” DJI. Consultado el 17 mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://enterprise.dji.com/es/dock-2>
- [31] “GUÍA SOBRE EL CONTENIDO DEL MANUAL DE OPERACIONES | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento.”. Consultado el 26 abril de 2024. [En línea] Disponible: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/UAS-OPR-P01-DT01_Ed.3_Guia.manual.operaciones.pdf
- [32] “Final Means of Compliance with Light-UAS.2511 MOC Light-UAS.2511-01 - Issue 01 | EASA,” EASA, May 05, 2022. Consultado el 29 abril de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/final-means-compliance-light-uas2511-moc-light>
- [33] D. A.- Enaire, “ENAIRE Drones.”. Consultado el 28 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: <https://drones.enaire.es/>
- [34] D. A.- Enaire, “Guía de Coordinación de EAS con ENAIRE”. Consultado el 26 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Gu%C3%ADa%20de%20Coordinaci%C3%B3n%20de%20EAS%20con%20ENAIRE%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Gu%C3%ADa%20de%20Coordinaci%C3%B3n%20de%20EAS%20con%20ENAIRE%20(4).pdf)
- [35] D. A.- Enaire, “codificación atsp: earo”. Consultado el 26 de mayo de 2024. [En línea] Disponible: https://www.enaire.es/docs/es_ES/earo_a
- [36] “BOE-A-2022-21175 Resolución de 30 de noviembre de 2022, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el Convenio colectivo estatal de empresas de seguridad para el periodo 2023-2026.”. Consultado el 15 de junio de 2024. [En línea] Disponible: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-21175
- [37] Agencia Española de protección de datos, “Drones y Protección de Datos”. Consultado el 13 de junio de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.aepd.es/guias/guia-drones.pdf>
- [38] “Reglamento general de protección de datos (RGPD) | EUR-Lex.”. Consultado el 13 de junio de 2024. [En línea] Disponible: <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/general-data-protection-regulation-gdpr.html>
- [39] “BOE-A-2018-16673 Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.”. Consultado el 13 de junio de 2024. [En línea] Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-16673>

[40] P. España, “¿Cómo funciona un dron de vigilancia?”, *Prosegur España*, Jul. 07, 2022.

Consultado el 13 de junio de 2024. [En línea] Disponible:

<https://www.prosegur.es/blog/seguridad/como-funciona-dron-vigilancia>

[41] Elaboración propia.

[42] “Guía para operadores de RPAS sobre Procedimientos de: Habilitación y Autorización AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento”. Consultado el 25 de abril de 2024. [En línea] Disponible:

https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/guia_proced_habilitac_autoriz_oper_rpas.pdf

[43] Elaboración propia a partir de Google Earth Application. Consultado el 24 de junio de 2024.

[44] “Google Maps,”. Consultado el 24 de junio de 2024. [En línea] Disponible: Google Maps.

<https://www.google.com/maps/place/Amazon+BCN4/@42.2345708,2.9880232,17z/data=!3m1!4m6!3m5!1s0x12ba8ded6ef9236f:0xa7cdd4247373d379!8m2!3d42.2345669!4d2.9928941!16s%2Fg%2F11rybqb2qq?entry=ttu>

[45] “Population Explorer - Improve market analysis with population data.”. Consultado el 9 de junio de 2024. [En línea] Disponible:

<https://populationexplorer.com/>

[46] Aerocamaras, “Drones para servicios de vigilancia y seguridad,” *Aerocamaras Especialistas En Drones*, Oct. 29, 2022. Consultado el 18 de mayo de 2024. [En línea] Disponible:

<https://aerocamaras.es/servicios-drones-profesionales/drones-para-vigilancia/>

