



eetac

Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i
Aeroespacial de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



TRABAJO DE FIN DE CARRERA

TÍTULO DEL TFC/PFC: Desarrollo de un soporte a la planificación de operación para la reducción del riesgo a la colisión de obstáculos para aeronaves no tripuladas

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Aeronavegación

AUTOR: Aleix Ripoll Ruiz

DIRECTOR: Carlos Ferraz

SUPERVISOR: Jordi Mateu Mateu

FECHA: 2 de septiembre de 2014

Título: Desarrollo de un soporte a la planificación de operación para la reducción del riesgo a la colisión de obstáculos para aeronaves no tripuladas

Autor: Aleix Ripoll Ruiz

Director: Carlos Ferraz

Supervisor: Jordi Mateu Mateu

Fecha: 2 de septiembre de 2014

Resumen

Este documento presenta el desarrollo de un soporte a la planificación de operaciones con RPAs reduciendo el riesgo a la colisión con obstáculos aéreos móviles y posibles daños a personas. Para una empresa emergente y joven de RPAs como HEMAV, es de gran interés desarrollar sistemas y soportes económicos y rentables para el continuo crecimiento técnico y profesional en el mercado. Por este motivo, se requiere un estudio que plantee diferentes alternativas para que el impacto económico sea el menor posible.

En este trabajo se identifican los riesgos potenciales en vuelo durante las operaciones, sus correspondientes mitigaciones a las distintas causas de la colisión entre ambas aeronaves y finalmente, se recomiendan soluciones a implementar en la flota de drones de HEMAV. Las aportaciones de distintos expertos en el ámbito de la aviación desde pilotos de globos hasta ingenieros aeronáuticos han constituido una parte fundamental del proyecto en determinar las alternativas para mitigar las causas de las colisiones entre drones y otras aeronaves. Algunas de estas soluciones desarrolladas durante el proyecto son las siguientes:

- ✓ Mitigaciones Operacionales
 - Consulta y publicación de NOTAM mediante el uso de Ícaro
 - Consulta de la meteorología mediante el uso del servicio de AEMET
 - Altura máxima de vuelo a 400 pies (120m)
- ✓ Mitigación Instrumental
 - Uso de la Radio Aeronáutica en la estación de control tierra
- ✓ Mitigación Visual
 - Instalación de luces estroboscópicas rojas y blancas al RPA.

Por último, se presentan varias propuestas en la operativa de HEMAV para un trabajo futuro que seguiría con la línea de los objetivos del presente documento. Estos objetivos son principalmente incrementar la seguridad operacional de la flota de drones, desarrollar una metodología operacional donde el "Collision Avoidance" recaiga en la buena planificación de la misión y aportar soluciones económicas.

Title: Development of a support operation planning for risk collision obstacles reduction for unmanned aircraft.

Author: Aleix Ripoll Ruiz

Director: Carlos Ferraz

Supervisor: Jordi Mateu Mateu

Date: September, 2nd 2014

Overview

This document presents the development of a support operation planning for RPAs which tries to reduce the risk of collision with aerial obstacles and reduce the people damage. For an emerging and young company of RPAs as HEMAV, it is interesting to develop economic systems and profitable for the technical and professional growth in the market. For this reason, it is required a study that poses alternatives to the economic impact as small as possible.

In this report, it has identified potential risks in flight during operations, their corresponding mitigations to the different causes of the collision between the two aircraft and finally, it has recommended the possible solutions to deploy for the fleet of drones of HEMAV. The contributions of different experts in the field of aviation from the balloon pilots to aircraft engineers have been an essential part of the project to determine alternatives to mitigate the causes of collisions between drones and other aircraft. Some of these solutions developed during the project are :

- ✓ Operational mitigations
 - Consult and report NOTAMs using Ícaro software
 - Consult meteorology by using the AEMET service
 - Maximum flight level at 400 feet (120m)
- ✓ Instrumental Mitigation
 - Using Radio on the ground control station
- ✓ Visual Mitigation
 - Installing red and white strobe lights in RPA.

Finally, several suggestions in the operation of HEMAV for further work would continue with the line of the objectives of this document. These are mainly to increase the safety of the fleet of drones, develop an operational methodology where the "Collision Avoidance" would be the good planning of the mission and provide economic solutions too.

Intencionalmente en blanco

GLOSARIO

ACC	Centro de control de área
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AESA	Agencia Española de Seguridad Aérea
AIP	Aeronautical Information Publication
AIS	Aeronautical Information Service
ATM	Air Traffic Management
ATC	Air Traffic Control
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
CREAF	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals
CTR	Control Zone
EASA	European Aviation Safety Agency
FIR	Flight Information Region
FL	Flight Level
GPS	Global Positioning System
HEMAV	High Endurance Multipurpose Aerial Vehicles S.L
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrumental Flight Rules
Kt	Knots
METAR	Informe meteorológico ordinario de aeródromo
NOTAM	Notice to Airmen
QNH	Reglaje de la subescala del altímetro para obtener elevación estando en tierra
RPA	Remotely Piloted Aircraft
SAR	Search and Rescue
SARPS	Standards and Recommended Practices
SIGMET	Información a fenómenos meteorológicos en ruta
SSR	Secondary Surveillance Radar
TCAS	Traffic alert and Collision Avoidance System
TMA	Área de Control Terminal
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UHF	Ultra High Frequency
UIR	Upper Flight Information Region
VFR	Visual Flight Rules
VHF	Very High Frequency
VLOS	Visual Line of Sight
VMC	Visual Meteorological Conditions
VOR	Very high frequency Omni-directional Range

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. La empresa HEMAV	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.5. Alcance del proyecto	5
1.6. Actividades del proyecto	6
1.7. Metodología.....	7
CAPÍTULO 2. PELIGROS EN VUELO EN EL ESPACIO AÉREO NO CONTROLADO.....	8
2.1. Legislación	8
2.1.1. ICAO Anexo 11- Servicios del tráfico aéreo	8
2.1.2. Regulación de AENA	9
2.1.3. El uso de los drones en España.....	9
2.2. Volar en el espacio aéreo no controlado	10
2.2.1. Más ligero que el aire – Aerostatos	10
2.2.2. Más pesado que el aire – Aerodinos	10
2.2.3. Otros obstáculos móviles	12
CAPÍTULO 3. ESCENARIOS DE OPERACIÓN.....	14
3.1. Escenarios de operación y peligros involucrados	14
3.1.1. Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos.....	14
3.1.2. Operaciones cerca de las ciudades o zonas pobladas	16
3.1.3. Operaciones en alta montaña	18
3.1.4. Operaciones en campo abierto	19
3.2. Identificación de los riesgos	21
3.2.1. Definiciones	21
3.2.2. Riesgos del estudio	23
3.2.3. Primer enfoque de los riesgos a tratar	28
CAPÍTULO 4. SELECCIÓN Y DISEÑO DE LAS SOLUCIONES	32
4.1. Recopilación de mitigaciones para la flota de HEMAV	32
4.1.1. Mitigación Operacional – NOTAM.....	33
4.1.2. Mitigación Operacional – Meteorología.....	34
4.1.3. Mitigación Operacional – Mapas geográficos	35
4.1.4. Mitigación Operacional – Altura máxima de 400 pies	37
4.1.5. Mitigación Instrumental – Transpondedor	39

4.1.6.	Mitigación Instrumental – Radio Aeronáutica	41
4.1.7.	Mitigación Visual – Luces estroboscópicas	41
4.2.	Selección y desarrollo de las soluciones integrables	43
4.2.1.	Mitigaciones Operacionales	43
4.2.2.	Mitigación Instrumental.....	44
4.2.3.	Mitigación Visual.....	49
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES		51
5.1.	Conclusiones y recomendaciones	51
5.2.	Impacto ambiental, económico y social.....	54
5.3.	Trabajo futuro	55
5.4.	Lecciones Personales	56
BIBLIOGRAFÍA		57

Lista de tablas

Tabla 3.1 Análisis de probabilidad de conflicto y severidad ceca de aeródromos	16
Tabla 3.2 Análisis de probabilidad de conflicto y severidad cerca de ciudades o zonas habitadas	17
Tabla 3.3 Análisis de probabilidad de conflicto y severidad en alta montaña...	19
Tabla 3.4 Análisis de probabilidad y severidad en campo abierto.....	20
Tabla 3.5 Niveles de severidad según las puntuaciones.....	21
Tabla 3.6 Niveles de probabilidad según las puntuaciones.....	22
Tabla 3.7 Nivel de Gross Criticality	23
Tabla 3.8 Niveles de criticidad de cada riesgo en dicho escenario	24
Tabla 4.1 Emisora YAESU FT-817 ND	45
Tabla 4.2 Emisora FTA-750L YAESU NAV-COM GPS.....	46
Tabla 4.3 Emisora FTA-550L YAESU NAV-COM	47
Tabla 4.4 Emisora ICOM IC-A24.....	48
Tabla 4.5 Resumen de las radios aeronáuticas	48
Tabla 4.6 Luces estroboscópicas - RED strobon navigation XL.....	50
Tabla 4.7 Luces estroboscópicas - WHITE strobon navigation	50

Lista de figuras

Fig. 1.1 Diagrama de tareas del proyecto	6
Fig. 2.1 Ejemplo de aerostatos: (a) Globo [9], (b) Dirigible [10].....	10
Fig. 2.2 Ejemplo de aerodinos rotores: (a) Helicóptero [11], (b) Quadcopter [12]	11
Fig. 2.3 Aerodinos de ala fija: (a) Aeronave [13], (b) RPA de ala fija [14]	12
Fig. 2.4 Otros obstáculos móviles: (a) Parapente [15], (b) Para-motor [16]	13
Fig. 2.5 Otros obstáculos móviles: (a) Ala delta [17], (b) Planeador [18].....	13
Fig. 2.6 Otros obstáculos móviles: las aves [19]	13
Fig. 3.1 CTR (circulo azul externo) del aeropuerto de Barcelona - El Prat [20]	15
Fig. 3.2 Vista de la Vall de Núria [21]	18
Fig. 3.3 Paisaje de la comarca del Penedès [22]	20
Fig. 3.4 Gross Criticality por escenarios	25
Fig. 3.5 Gross Criticality por escenarios	26
Fig. 3.6 Gráfico de la presencia global de los riesgos definidos.....	27
Fig. 3.7 Gráfico de la severidad global de los riesgos definidos.....	27
Fig. 3.8 Net Criticality por escenarios.....	29
Fig. 3.9 Net Criticality por escenarios.....	29
Fig. 3.10 Reducción del nivel de criticidad en zonas habitadas	30
Fig. 3.11 Reducción del nivel de criticidad en zonas de alta montaña	30
Fig. 3.12 Reducción del nivel de criticidad en zonas de campo abierto	31
Fig. 4.1 Nubosidad Compuesta de la Península Ibérica y Baleares [28].....	34
Fig. 4.2 Viento y temperatura de la Península Ibérica y Baleares [28].....	35
Fig. 4.3 Precipitación total de la Península Ibérica y Baleares [28].....	35
Fig. 4.4 Mapa 1: Restricciones operacionales para el RPA. [20].....	36
Fig. 4.5 Esquema de la separación del espacio aéreo no controlado para los drones. Altitudes respecto al nivel del suelo	38
Fig. 4.6 Diagrama de interrogación y respuesta del radar secundario SSR....	40
Fig. 4.7 Transpondedor XP de SagetechTM [33]	40
Fig. 4.8 Representación del sistema visual mediante luces estroboscópicas .	42
Fig. 4.9 Emisora YAESU FT-817.....	45
Fig. 4.10 Emisora FTA-750L YAESU	46
Fig. 4.11 Emisora FTA-550L YEASU	47
Fig. 4.12 Emisora ICOM IC-A24.....	48
Fig. 4.13 Esquema de iluminación del RPA	49
Fig. 4.14 Strobon XL RED	50
Fig. 4.15 Strobon WHITE	50
Fig. 5.1 Reducción del nivel de criticidad en zonas habitadas	52
Fig. 5.2 Reducción del nivel de criticidad en zonas de alta montaña	53
Fig. 5.3 Reducción del nivel de criticidad en zonas de campo abierto	53

Intencionalmente en blanco

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El deseo del hombre de ser capaz de volar como los pájaros se remonta desde que los hombres prehistóricos observaban a las aves. Siglos han transcurrido hasta ver cumplido el sueño de que un hombre pudiera volar ya sea por aeronaves más ligeras o más pesadas que el aire. No será hasta el siglo XX de la era de oro de la aviación, donde el periodo de entreguerras (1918 – 1939) desarrolló toda una tecnología relacionada con la aviación realizándose importantes avances en el diseño de aviones y sub-sistemas. Precisamente, en este mismo periodo, se desarrollaron las primeras aeronaves no tripuladas para fines diversos aunque el principal fue para entrenar a los operarios de los cañones antiaéreos durante la segunda guerra mundial.

El vuelo de un avión no tripulado y pilotado por control remoto (RPA) puede ser controlado bien de forma autónoma por medio de ordenadores de a bordo, por el control remoto de un piloto de la estación de tierra o desde otro vehículo aéreo. Inicialmente, las aeronaves no tripuladas, eran aeronaves pilotadas solo por control remoto aunque, actualmente ya se están empleando cada vez más por control autónomo. Si bien estos tipos de aeronaves se han desarrollado y estudiado en las últimas décadas con fines militares, recientemente se está trabajando para dar soporte civil en muchos ámbitos, desde la aportación de imágenes aéreas para la prevención, control y extinción de incendios, el soporte de vigilancia aérea contra la caza furtiva de rinocerontes o elefantes en parques naturales de África, topografía de precisión de un campo de agricultura, búsqueda y salvamento de personas desaparecidas, hasta la grabación de videos promocionales de eventos deportivos o espectáculos, entre otras muchas aplicaciones. [1] En definitiva, las aeronaves no tripuladas se están creando un hueco en el mercado gracias a que pueden realizar muchas misiones aéreas demasiado peligrosas, tediosas o sucias (“Dangerous, Dull and Dirty applications” [2]) para que una tripulación realice la misma operación estando en vuelo y arriesgando su seguridad. Es por eso que gracias a su bajo coste de operación, alta fiabilidad y seguridad, en muchos sectores se opte por contratar aeronaves no tripuladas.

Este proyecto nace de la necesidad de aportar seguridad operacional a la flota de RPAs de la empresa catalana HEMAV, sobre todo para prevenir una posible colisión con cualquier tipo de aeronave en vuelo tripulada como también los posibles daños colaterales a los ciudadanos. Como se puntualiza en el proyecto, muchos son los países que ya están imponiendo medidas a los nuevos inquilinos del espacio aéreo con el fin de regular las operaciones con aeronaves no tripuladas y de control remoto. La finalidad de este trabajo es, además de tener en cuenta la regulación y legislación existente de los RPAs, estudiar medidas para la prevención y mitigación al riesgo de colisión de objetos aéreos móviles con los RPAs durante las operaciones civiles que realice la empresa.

1.2. La empresa HEMAV

High Endurance Multipurpose Aerial Vehicles S.L. (HEMAV) fue creada en 2012 en Barcelona por un equipo de ingenieros y licenciados en aeronáutica, entre otras áreas. Fue tal su solución global, flexible e innovadora al desarrollar una tecnología de UAS (sistemas aéreos no tripulados) y un conocimiento específico de cada sector que en estos momentos ya tiene un reconocimiento nacional importante.

Sus servicios aéreos mediante diferentes plataformas RPAs (“Remotely Piloted Aircraft”) de alta calidad, seguridad y fiabilidad, garantizan un servicio adaptado en gran variedad de sectores y a los requisitos de los clientes con costes económicos inferiores a otros métodos. [3]

Lo que actualmente ofrece HEMAV es:

- **Fotografía y grabación aérea:** En todo tipo de sectores, destinado a cubrir acontecimientos deportivos, eventos públicos o privados, conciertos, bodas y celebraciones así como para complejos industriales y hoteleros.
- **Teledetección agrícola:** La innovadora tecnología en el RPA permite la mejora de las tareas de la agricultura de precisión en el campo de la teledetección.
- **Otros servicios:** Ofrecen una solución personalizada a cada problema, como la inspección de redes eléctricas. [3]

1.3. Justificación

El hecho es que el servicio civil con aeronaves no tripuladas ya es una realidad como también lo es la necesidad de establecer un procedimiento para reducir el riesgo de colisión con cualquier otra aeronave que esté desarrollando una operación con cierta proximidad. Son muchos los beneficios que aporta el servicio de las aeronaves no tripuladas aunque con un número considerado de aspectos no tan positivos. En este proyecto se trabajará para reducir el impacto negativo que tiene el servicio con aeronaves no tripuladas en el ámbito civil. La falta de una regulación consolidada de la circulación aérea sobre el uso de las mismas en el estado español, también justifica la necesidad de un estudio para reducir el riesgo de que las aeronaves no tripuladas entren en conflicto directo con cualquier otra aeronave.

Actualmente, en las operaciones de RPAs de HEMAV no se tienen en cuenta los factores que se estudiarán en el presente documento de manera sistemática. La ejecución del proyecto contribuye a un avance significativo en la buena planificación de las operaciones para la reducción del riesgo a la colisión de obstáculos para aeronaves no tripuladas, es decir, en mostrar credibilidad y fiabilidad de los RPAs en la sociedad.

Para una empresa emergente y joven de RPAs como HEMAV, es de gran interés desarrollar sistemas y soportes económicos y rentables para el continuo crecimiento técnico y profesional en el mercado. Por este motivo, se requiere un estudio que plantee diferentes alternativas para que el impacto económico sea el menor posible.

1.4. Objetivos

Como se ha comentado en la introducción de este proyecto, recientemente, los drones ya son los nuevos miembros del espacio aéreo no controlado donde pueden aportar variedad de servicios y beneficios a la ciudadanía como también aportar beneficios al desarrollo tecnológico y científico. Es por esto que nace la necesidad de una regulación de estas aeronaves pilotadas por control remoto, como también la necesidad de desarrollar sistemas y operativas de detección de obstáculos aéreos móviles para reducir el riesgo de colisión. Este documento trata del estudio de desarrollar un soporte válido a la buena planificación de operaciones con RPAs para interferir lo mínimo con otras aeronaves tripuladas en vuelo.

Los objetivos de este proyecto son:

- I. **Incrementar la seguridad operacional** de la flota de drones de HEMAV en cualquier escenario a ofrecer servicio ciudadano.
- II. Desarrollar una metodología operacional donde el “Collision Avoidance” recaiga en la **buena planificación** de la operación a realizar con las aeronaves no tripuladas y pilotadas por control remoto.
- III. Aportar **soluciones inmediatas, económicas e integrables** a la operativa de HEMAV en cuanto se presente y se valide este proyecto.
- IV. Propuestas para el **trabajo futuro**. Otras soluciones integrables más adelante en la operativa HEMAV para la buena planificación de las operaciones con aeronaves no tripuladas una vez que la regulación de RPAs esté más detallada. Indicar un punto de partida.

1.5. Alcance del proyecto

Con el fin de aclarar lo que se espera alcanzar durante el desarrollo de este proyecto, es importante establecer los límites del trabajo. En esta sección se proporciona los límites identificados para la correcta lectura.

El objetivo del proyecto es proveer una serie de recomendaciones operacionales para reducir el riesgo de la colisión entre cualquier aeronave presente en el espacio aéreo no controlado con un RPA. El desarrollo del que es estrictamente un sistema electrónico para la detección y resolución de conflictos se dejará fuera de estudio y alcance de este trabajo. Las soluciones sólo serán contempladas para dar soporte a RPAs y no serán viables para otro tipo de aeronaves.

La presente investigación se limitará en identificar los obstáculos aéreos móviles y no estudia soluciones para reducir la colisión con obstáculos fijos. Todas las recomendaciones del autor para la implementación en la operativa de HEMAV, serán posteriormente puestas a objeto de estudio según los recursos de la empresa.

Hay que destacar que este informe es parte del resultado de seis meses de prácticas del autor en HEMAV en el departamento de operaciones. Las horas dedicadas del autor para la realización de este estudio son de alrededor de 30h semanales.

1.6. Actividades del proyecto

En esta sección se presentan esquemáticamente las tareas desarrolladas a lo largo el trabajo con el fin de cumplir con los objetivos inicialmente propuestos. A continuación se numeran todas las tareas planteadas y al final, un diagrama ilustrativo de todas las actividades:

- **Fase I: Estudio previo**
 - **Tarea 1: Preparación del estudio**
 - **T1.1:** Identificar los tipos de peligros. Estudiar todos los riesgos a la colisión con las operaciones de HEMAV con su flota de aeronaves no tripuladas.
 - **T1.2:** Identificar la información necesaria y plantear una serie de cuestiones interesantes a la hora de entrevistar a expertos en la Tarea 2.2 (altura de vuelo, instrumentación a bordo, flota equipada, como hacen para evitar a los demás, recomendaciones a los RPAs...).
 - **T1.3:** Identificar escenarios de operación e identificar los peligros existentes en cada uno de ellos. Decidir si es necesario equipar los RPAs de manera diferente en función de donde vayan a volar.
 - **Tarea 2: Realización del estudio**
 - **T2.1:** Identificación de los peligros a los que se dirigirá el estudio.
 - **T2.2:** Trabajo de campo. Entrevistar a expertos de cada sector de la aviación.
 - **T2.3:** Análisis de los datos, conclusiones y recomendaciones para la flota de HEMAV.
- **Fase II: Selección e implementación de las soluciones**
 - **Tarea 3: Selección de las soluciones.**
 - **T3.1:** Recopilación de mitigaciones para la flota de HEMAV
 - **T3.2:** Selección y desarrollo de las soluciones integrables (criterios técnicos y de recursos).
 - **T3.3:** Determinar el punto de partida para el trabajo futuro.
 - **Tarea 4: Conclusiones.**
 - **Tarea 5: Revisión final y creación del trabajo final.**
- **Fase continua:**
 - **Tarea R: Revisiones del trabajo y reuniones semanales con los operadores de HEMAV.**

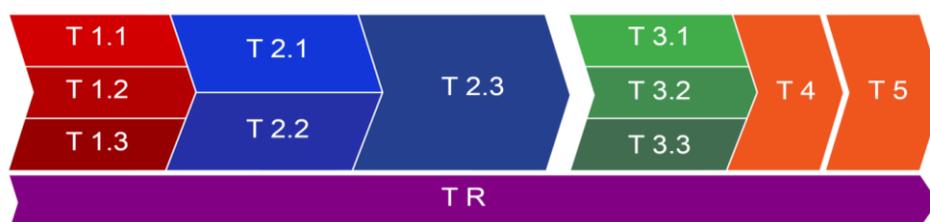


Fig. 1.1 Diagrama de tareas del proyecto

1.7. Metodología

Una vez presentadas las tareas es momento para explicar la metodología para realizar este estudio hasta ver cumplido los objetivos planteados y presentar las conclusiones finales cuyas actividades se desarrollaran de acuerdo con el diagrama presentado en la figura Fig. 1.1.

En primer lugar se piensa realizar un estudio previo (**Fase I**) para poder afrontar el problema y obtener unas soluciones integrables y viables (**Fase II**). En la **Fase I** se pretende estudiar e identificar los peligros asociados en cada escenario de operación y para aquellos con más riesgo de colisión consultar con expertos en el campo de la aviación. Cada riesgo definido se le otorgará una puntuación según su probabilidad de conflicto y severidad, consiguiendo máxima puntuación, aquel en que esté involucrado la tripulación o pasajeros de otra aeronave en la colisión. Se realizarán entrevistas para poder extraer soluciones a los problemas identificados y, paralelamente, se coordinaran reuniones con los operarios de HEMAV para informar sobre los avances del trabajo.

Actualmente, los drones ya son los nuevos miembros del espacio aéreo no controlado y, con el objetivo de comprender el punto de vista de los otros usuarios (como pilotos de aeronaves, globos, ala deltas, parapentes, helicópteros, ingenieros o controladores aéreos) sobre lo que piensan acerca de la libertad de las operaciones de las aeronaves no tripuladas y pilotados por control remoto, se les dará la oportunidad de dar ciertas recomendaciones a implementar en el proyecto para que los drones no interfieran negativamente en la seguridad aérea.

Se podría decir que las entrevistas a expertos en el campo de la aviación constituirá la parte fundamental de este trabajo ya que sus aportaciones harán posible encontrar unas soluciones viables para la reducción del riesgo a colisionar entre aeronaves y RPAs.

Durante la **Fase II**, se seleccionaran sólo aquellas soluciones integrables a la tecnología de drones de HEMAV cuya implementación sea inmediata y económica. Obviamente, otras soluciones se dejarán para una fase de estudio más detallado y de una futura implementación.

La continúa revisión del trabajo, el análisis de los datos contrastados periódicamente y las reuniones semanales con los operarios de drones de HEMAV informándoles de las soluciones propuestas por los expertos, harán posible llegar a las conclusiones de este trabajo cumpliendo con los objetivos iniciales. Por otra parte, la continua actualización y revisión de la legislación de las operaciones de aeronaves no tripuladas estará presente a lo largo del desarrollo del trabajo.

2. CAPÍTULO 2. PELIGROS EN VUELO EN EL ESPACIO AÉREO NO CONTROLADO

En esta sección, se definen los principales peligros en el espacio aéreo donde la flota de aeronaves no tripuladas de HEMAV operará. Como se comentó en la sección 1.2, la empresa HEMAV ofrece variedad de servicios a la ciudadanía como la agricultura de precisión o también la inspección de la red eléctrica. Las aeronaves no tripuladas pueden ofrecer una cantidad de servicios importantes, sobretodo se están aplicando a esas tareas donde el riesgo de poner una tripulación en vuelo sea peligrosa y costosa, desde la vigilancia del tránsito por carreteras desde el aire hasta el control y extinción de incendios forestales.

En este capítulo se presentará la regulación existente del uso de aeronaves no tripuladas y pilotados por control remoto en el espacio aéreo no controlado español. Además, se identificarán las partes importantes de la legislación vigente de la navegación aérea con la finalidad de identificar los peligros en vuelo que puedan entrar en conflicto con los drones de HEMAV.

2.1. Legislación

En esta sección se pretende identificar los documentos más relevantes en cuanto a la normativa de la navegación aérea en el espacio aéreo español. Para más información se puede consultar el anexo A - Legislación.

2.1.1. ICAO Anexo 11- Servicios del tráfico aéreo

ICAO (“International Civil Aviation Organization”) es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas creada en 1944 por la Convención de Chicago para estudiar los problemas de la aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial. Se redactaron unos anexos técnicos de carácter de norma y otros de mínimo obligado cumplimiento para todos los estados firmantes de la organización. Los anexos de ICAO recogen prácticamente todos los aspectos del transporte aéreo y tratan sobre cuestiones técnicas fundamentales para su normalización y regulación.

En el anexo 11 de la ICAO [4] se define el espacio aéreo en varias clases en términos de las reglas de vuelo y las interacciones entre la aeronave y Control de Tráfico Aéreo (ATC). En dichos espacios aéreos se establece la responsabilidad de evitar la colisión entre aeronaves. Algunos conceptos clave son la separación, la información de tráfico y reglas de vuelo (VFR o IFR).

ICAO adoptó las siguientes clasificaciones: Clase A - E se refiere al espacio aéreo como controlado; Clases F y G son espacio aéreo no controlado donde el ATC no ejerce ningún poder ejecutivo en él, aunque puede proporcionar servicios básicos de información a las aeronaves en contacto por radio. Volar en espacio aéreo no controlado típicamente estará bajo VFR. Por lo tanto, es

importante saber cuáles son las aeronaves que podrían estar operando en este nivel de vuelo ya que le interesa a HEMAV tener bajo control en relación a la seguridad de sus operaciones. [4] [5]

2.1.2. Regulación de AENA

Si bien en el Anexo 11 de la ICAO [4] se encuentran las recomendaciones relacionadas a la clasificación del espacio aéreo, en el documento [6] encontraremos detallada la normativa de circulación aérea de AENA. Es decir, como se clasifica el espacio aéreo, alturas mínimas de vuelo visual, condiciones de visibilidad y reglas generales de vuelo visual. La intención de esta sección no es otorgar a los drones estas mismas reglas sino que se pretende conocer las reglas que rigen a los vecinos de los drones que compartirán el mismo espacio aéreo. Con el fin de consultar rápidamente las partes interesantes de este documento [6], se puede recurrir al anexo A.1.2.

2.1.3. El uso de los drones en España

El 7 de Abril de 2014 se presentó un primer comunicado de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) sobre el uso de los drones en España debido a la cantidad de usuarios y empresas que necesitaban una regulación de circulación específica para ellos y así evitar conflictos y posibles incidentes. En el documento, se aclaran las circunstancias y condiciones donde se pueden usar los drones y en cuales no y las consecuencias que tiene hacerlo en este último caso. Para ver detalles de este documento [7], consultar el anexo A.1.3.

Más tarde, el 5 de Julio de 2014 se presentaron en el Boletín Oficial del Estado (BOE) normas sobre el uso de los drones en España debido a la demanda urgente de una regulación por parte de empresas del sector. [8] En el anexo A.1.4 se presentan las secciones más relevantes del documento por si el lector le interesa ampliar la información y estar al corriente de la evolución de la legislación.

2.2. Volar en el espacio aéreo no controlado

Las aeronaves no tripuladas están autorizadas sólo en el espacio aéreo no controlado y además con severas puntualizaciones como su masa, limitación de altura de vuelo de 400 pies (120m), prohibición de vuelo en aglomeraciones de personas, en los alrededores de edificios y prohibición de operación cerca de aeródromos y aeropuertos. En esta sección se buscará conocer todas las aeronaves que convivirán con las aeronaves no tripuladas por lo que se tendrá que desarrollar ciertos sistemas o metodología operacional con el fin de evitar la posible colisión. Las aeronaves que se detallaran a continuación son las siguientes:

- Aerostatos: Globos y dirigibles
- Aerodinos: Helicópteros, ultraligeros, avionetas y otras aeronaves no tripuladas.
- Otras aeronaves: Parapentes, para-motores, ala deltas y planeadores.
- Aves

2.2.1. Más ligero que el aire – Aerostatos

Los aerostatos por norma general tienen un gran tamaño (ver Fig. 2.1) y una muy baja velocidad como también una pobre maniobrabilidad por parte de los pilotos. Estas características son importantes a destacar ya que delante de una aeronave no tripulada, los aerostatos estarían muy condicionados si no se realizara una maniobra por parte de los pilotos del RPA para evitar su posible colisión. Será de alta prioridad consultar con un experto en este campo para conocer los sistemas o la metodología para poder reducir el riesgo a la colisión. Además, se estudiará los escenarios con más densidad de estas aeronaves con la finalidad de planificar un vuelo seguro para la flota de drones de HEMAV.



Fig. 2.1 Ejemplo de aerostatos: (a) Globo [9], (b) Dirigible [10]

2.2.2. Más pesado que el aire – Aerodinos

Se puede separar los aerodinos en dos ramas: aeronaves con alas fijas y aeronaves con alas rotatorias.

Aeronave rotor: Como se puede ver en la Fig. 2.2, el tamaño de estas aeronaves puede variar como también su velocidad y maniobrabilidad. Por un lado tenemos los helicópteros, aeronaves presentes en cualquier escenario que se plantee, por su gran variedad de usos civiles, desde la vigilancia aérea hasta las operaciones de búsqueda y salvamento. Pues a diferencia de otros vehículos como pudieran ser drones, como el que vemos en la Fig. 2.2 b), cuyo tamaño y velocidad es mucho más reducido respecto al helicóptero, los helicópteros son por ahora el peligro más importante a tener en cuenta en el espacio aéreo no controlado. Este hecho es debido a su densidad y presencia en la mayoría de escenarios. En este trabajo se puntuará como un riesgo más peligroso aquel cuya tripulación esté en vuelo o que las consecuencias de la colisión lleven a daños civiles. Entonces el caso de la colisión con un quadcopter cuya consecuencia sea únicamente la pérdida de esta plataforma, se considerará un riesgo menor.



Fig. 2.2 Ejemplo de aerodinos rotores: (a) Helicóptero [11], (b) Quadcopter [12]

Aeronaves de ala fija: En segundo lugar, se deberá considerar el posible riesgo a colisionar con una aeronave de ala fija. La velocidad de estas es mucho mayor que las definidas hasta ahora y la colisión llevaría a un mayor desastre tanto por daños materiales como humanos. El tamaño de las aeronaves podría ser de dimensiones como de un Boeing 777 o Airbus A380 (envergadura de entre 60 y 90m) hasta dimensiones más reducidas como una Cessna 182 (envergadura de 10m o menos) u otro avión no tripulado como se puede ver en la Fig. 2.3 a) y b) A diferencia de las aeronaves rotores descritas anteriormente, las aeronaves de ala fija tienen otros usos civiles debido a su forma de volar, donde nunca pueden volar de forma estacionaria. Así que en la mayoría de casos encontraremos estas aeronaves volando a altitudes tan elevadas como sea posible por su interés en operar con buena visibilidad y separados del suelo por maniobras inesperadas para evitar colisiones o por tiempo suficiente para encontrar una zona de aterrizaje de emergencia. Es importante remarcar la necesidad de consultar con un experto en este campo con la finalidad de comprender sus sistemas y planificaciones para reducir el riesgo de colisión con otras aeronaves que operen en el mismo espacio aéreo. Tal y como sucedía con los helicópteros, se considera la colisión con aeronaves muy severa por los más que posibles daños a su tripulación aunque posiblemente la probabilidad de entrar en conflicto con estos tipos de aeronaves sea más reducida por su vuelo a mayor altura que las aeronaves no tripuladas de HEMAV.



Fig. 2.3 Aerodinos de ala fija: (a) Aeronave [13], (b) RPA de ala fija [14]

2.2.3. Otros obstáculos móviles

Finalmente, en este punto se describen todos aquellos obstáculos aéreos móviles, aún no definidos e importantes a tener en cuenta, presentes en el espacio aéreo no controlado. Estos pueden ser:

- Parapente
- Para-motor
- Ala delta
- Planeador
- Aves

Para cada uno de ellos, se requerirá consultar con un experto en cada campo con la finalidad de comprender sus métodos de mitigación al riesgo a colisionar con cualquier obstáculo móvil y además obtener recomendaciones para la buena planificación de la operativa de aeronaves no tripuladas con el fin de reducir el riesgo de colisionar con estos. Como se ha comentado anteriormente, se considera de alta prioridad evitar los daños a los pilotos o a los civiles si ocurriera una colisión. Por este motivo, todas los obstáculos definidos en este apartado, se deberá conocer su escenario de mayor presencia para así planificar operaciones seguras.

El tamaño de estos obstáculos aéreos móviles es muy reducido como se puede ver en las Fig. 2.4, 2.5 y 2.6, con lo que su detección mediante sistemas electrónicos sería más complicada. Por otra parte, su velocidad es comparable a la velocidad de un RPA operados en HEMAV y mucho más baja que la de una aeronave o helicóptero. De esta manera, el tiempo a reaccionar y anticiparse por parte de los pilotos de las aeronaves no tripuladas será mayor para tratar de evitar la colisión con estas.

Particularmente, se pretende consultar con un experto en el comportamiento con las aves ya que de todos los obstáculos móviles descritos en este apartado, son las más presentes en todos los escenarios posibles a operar. Se buscará comprender si ellas mismas evitarían la colisión con la aeronave no tripulada o si el hecho es inevitable.

Finalmente comentar que todos estos obstáculos móviles descritos en este apartado, se considerarán los más críticos debido a la vulnerabilidad de los pilotos por la posible colisión con un drone. Además, por ser vuelos de carácter deportivo y de ocio sus operaciones son más impredecibles en el espacio aéreo no controlado.

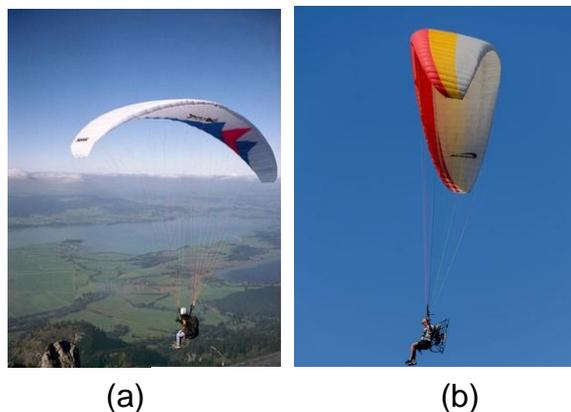


Fig. 2.4 Otros obstáculos móviles: (a) Parapente [15], (b) Para-motor [16]



Fig. 2.5 Otros obstáculos móviles: (a) Ala delta [17], (b) Planeador [18]



Fig. 2.6 Otros obstáculos móviles: las aves [19]

3. CAPÍTULO 3. ESCENARIOS DE OPERACIÓN

En este capítulo se presentarán los cuatro escenarios considerados en este estudio por el autor. En cada uno de ellos se identificará y se calificará el riesgo a la colisión para todos los casos detallados en la sección 2.2. De esta forma se obtendrá un plan de acción a la mitigación de los riesgos más importantes a tratar según las operaciones permitidas por las aeronaves no tripuladas acorde con la regulación vigente de navegación aérea en el espacio aéreo español (definida en la sección 2.1) y los escenarios donde las aeronaves no tripuladas de HEMAV operarán. Al final, puede que se considere equipar y planificar las operaciones de una manera u otra en función de donde se vaya a volar.

3.1. Escenarios de operación y peligros involucrados

HEMAV tiene previsto ofrecer servicios en todo tipo de sectores. Por el momento, la compañía se centra en los sectores audiovisual y agrícola, aunque también tiene como objetivo ofrecer servicio en la inspección de la red eléctrica, ofrecer reportajes aéreos en festivales locales, acontecimientos deportivos o en el sector de la construcción. Por ese motivo, analizar los principales escenarios y sus principales riesgos en vuelo determinarán qué sistemas y equipos serán necesarios en dicho escenario para la operación segura de los RPAs sin colisión.

El objetivo de este estudio es determinar si los RPAs deben estar equipados con un sistema específico con el fin de evitar la colisión con otros objetos aéreos móviles de acuerdo con el escenario operacional. Se describe a continuación los escenarios típicos donde la flota de drones operará. Estos escenarios son los siguientes:

- Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos.
- Operaciones en ciudades o zonas pobladas.
- Operaciones en alta montaña.
- Operaciones en campo abierto.

3.1.1. Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos

Una vez definido el escenario se identificarán los peligros asociados y se estudiará cómo mitigar el riesgo a la colisión con las aeronaves no tripuladas. AENA define un aeródromo como:

“Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves. El término “aeródromo” en las disposiciones relativas a planes de vuelo y mensajes ATS incluirá también emplazamientos distintos a los definidos como aeródromos, pero que puedan ser utilizados por algunos tipos de aeronaves, como helicópteros o globos.” [6]

Por otra parte, se define un aeropuerto como:

“Se considera aeropuerto todo aeródromo en el que existan de modo permanente instalaciones y servicios con carácter público para asistir de modo regular al tráfico aéreo, permitir el aparcamiento y reparaciones del material aéreo y recibir o despachar pasajeros o carga.” [6]

Teniendo en cuenta la descripción de aeródromo y aeropuerto, si HEMAV ofrece servicios cercanos a estos escenarios deberá contemplar los peligros en vuelo que se describirán a continuación. Aunque existan diferencias entre aeropuertos y aeródromos, en este estudio se considerarán escenarios similares con el fin de evitar confusiones en definir en cada uno sus peligros en vuelo. Para la seguridad aérea alrededor de los aeródromos, se impone un área llamada CTR donde ninguna aeronave no autorizada debe cruzar. En esta área se limita a autorizar operaciones de aproximación, aterrizaje y despegue del aeródromo y asegura una area libre de obstáculos para dichas operaciones. Para más detalles consultar el *Anexo 14 de la ICAO - Aeródromos capítulo 4* [4].

En cualquier caso, ningún vehículo aéreo no tripulado puede entrar en la zona llamada CTR de ningún aeródromo o aeropuerto (ver Fig. 3.1).



Fig. 3.1 CTR (circulo azul externo) del aeropuerto de Barcelona - El Prat [20]

En conclusión, los únicos tipos de aeronaves que se considerarían en este escenario obviamente son todos aquellos que se les está permitido operar dentro de las zonas delimitadas por la CTR de los aeródromos, es decir, aeronaves y helicópteros con permiso autorizado a despegar y aterrizar en el aeródromo. Los otros casos descritos en la sección 2.2, les está prohibido por

ley entrar en este espacio aéreo controlado y restringido incluido las aeronaves no tripuladas. [6] A continuación se presenta la tabla 3.1 donde se analiza la probabilidad y severidad de colisión (según el criterio del analista y contrastado con los operarios de HEMAV) operando cerca de aeródromos en caso que a una aeronave no tripulada se le autorizara volar dentro de la CTR de un aeródromo, que por el momento no lo está.

Tabla 3.1 Análisis de probabilidad de conflicto y severidad ceca de aeródromos

Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos			
Ref.	Riesgo	Probabilidad de conflicto	Severidad
RA1	Globos	Extremely Improbable ¹	Hazardous ²
RA2	Planeadores	Remote	Hazardous
RA3	Ala Delta	Extremely Improbable	Hazardous
RA4	Parapente	Extremely Improbable	Hazardous
RA5	Para-motor	Extremely Improbable	Hazardous
RA6	Dirigibles	Extremely Improbable	Hazardous
RA7	Helicópteros	Probable ³	Catastrophic ⁴
RA8	Aeronaves	Probable	Catastrophic
RA9	Drones	Extremely Improbable	Minor ⁵
RA10	Pájaros	Remote ⁶	No Safety Effect ⁷

3.1.2. Operaciones cerca de las ciudades o zonas pobladas

En primer lugar, la actual situación de las operaciones de aeronaves pilotadas por control remoto en el espacio aéreo español está poco definido aunque se ha presentado una disposición en el Boletín Oficial del Estado del 5 de Julio [7] donde detallaba que, por el momento, ninguna aeronave no tripulada podría sobrevolar zonas habitadas y aglomeraciones de personas. En este proyecto, se contemplará la opción de poder ofrecer servicio a zonas pobladas como ciudades ya que para una empresa de drones como HEMAV, es de gran interés ampliar su mercado en el ámbito de fotografía aérea.

Según [6], las aeronaves no pueden volar sobre las ciudades, pueblos u otros sitios donde habiten personas a menos que la altura de vuelo permite hacer un aterrizaje de emergencia en zonas despejadas o habilitadas para ello o cuando

¹ “Extremely Improbable” – Riesgo extremadamente improbable

² “Hazardous” – Riesgo peligroso

³ “Probable” – Riesgo muy probable

⁴ “Catastrophic”- Riesgo catastrófico

⁵ “Minor” – Riesgo con severidad menor

⁶ “Remote”- Riesgo probable

⁷ “No safety Effect”- Riesgo sin consecuencias a la seguridad

se tenga autorización de la autoridad competente. Por lo tanto, en la mayoría de los casos que HEMAV opere sobre ciudades o pueblos en el espacio aéreo no controlado, no contemplará las aeronaves a las que se aplica dicha norma, es decir, aeronaves como Cessna 182, B777 o A380, los aeroestatos como globos y zepelines, los parapente y ala delta. Así pues, los peligros más frecuentes e importantes que nos quedan son las aeronaves no tripuladas, las aves y, como peligro más severo, los helicópteros.

Por otro lado, AENA establece una regulación específica para los helicópteros, y parte de la regulación contiene las siguientes declaraciones:

“Los helicópteros sólo podrán aterrizar y despegar en los aeródromos, helipuertos o helipuertos eventuales especialmente autorizados. Los helicópteros no podrán aterrizar ni despegar en el interior o en las proximidades de las aglomeraciones urbanas o inmediata vecindad de aeródromos -cuyas servidumbres a estos efectos serán determinadas por la autoridad competente, con excepción de los casos en que se efectúen operaciones de salvamento, de transporte sanitario de urgencia o preventivos de accidentes.” [6]

A continuación se presenta en la tabla 3.2 un resumen los principales peligros en operar cerca de ciudades y sus probabilidades de conflicto con los *drones* de HEMAV (según el criterio del analista y contrastado con los operarios de HEMAV):

Tabla 3.2 Análisis de probabilidad de conflicto y severidad cerca de ciudades o zonas habitadas

Operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas			
Ref.	Riesgo	Probabilidad de conflicto	Severidad
RH1	Globos	Extremely Remote ⁸	Catastrophic
RH2	Planeadores	Extremely Remote	Catastrophic
RH3	Ala Delta	Extremely Remote	Catastrophic
RH4	Parapente	Extremely Remote	Catastrophic
RH5	Para-motor	Extremely Remote	Catastrophic
RH6	Dirigibles	Extremely Improbable	Hazardous
RH7	Helicópteros	Probable	Catastrophic
RH8	Aeronaves	Extremely Remote	Catastrophic
RH9	Drones	Probable	Major ⁹
RH10	Pájaros	Remote	Minor

⁸ “Extremely Remote”- Riesgo improbable

⁹ “Major”- Riesgo con severidad mayor

3.1.3. Operaciones en alta montaña

El término alta montaña depende de ciertos factores como la latitud, es por esto que el término no es estricto. En ciertos lugares se considera alta montaña a partir de unos 2500 metros y en otros unos 2000 metros. Además, se pueden encontrar tierras llanas y poco accidentadas a gran altitud (como los altiplanos, las mesetas y las penillanuras) que no se pueden considerar estrictamente zonas montañosas, sino más bien llanuras.

Por el contrario se podrían considerar montañas de pequeñas elevaciones de tan solo 500 metros rodeadas de llanuras. Según su altura las montañas se pueden dividir en montañas medias, más antiguas y de formas generalmente redondeadas, y montañas altas, de origen alpino, más jóvenes y de topografía más abrupta (ver Fig. 3.2). Otras características fundamentales para considerar un terreno montañoso son el clima y la vegetación.



Fig. 3.2 Vista de la Vall de Núria [21]

El escarpado relieve de las montañas favorece la existencia de grietas, cuevas, simas... en las que anidan aves habituales de zonas montañosas. Por este motivo, en este escenario se debe contemplar un incremento de la probabilidad de encontrarse con aves. Por otro lado, las aeronaves que necesitan mucho espacio para maniobrar y mantener una distancia de seguridad respecto tierra u otros obstáculos, operarán lejos de zonas montañosas como por ejemplo los globos, dirigibles, planeadores y aeronaves comerciales o de aviación general.

Las altitudes que ofrecen las montañas respecto la topografía que les rodean facilitan el vuelo de ala deltas, parapentes y para-motores para su fase de despegue.

Finalmente, debido a las características operativas del helicóptero (capacidad de despegar y aterrizar verticalmente, mantenerse volando en un mismo sitio por largos periodos de tiempo, así como las capacidades de manejo en condiciones a bajas velocidades) ha sido elegido para llevar a cabo tareas que no eran posibles de realizar con otras aeronaves o que hacerlo desde tierra resultaba muy lento, complicado y costoso. Hoy en día, los principales usos del

helicóptero en zonas de montaña incluyen transporte, lucha contra el fuego, búsqueda y rescate o vigilancia.

A continuación se presenta una tabla que resume los principales peligros en operar en zonas montañosas y sus probabilidades de conflicto con los drones de HEMAV (según el criterio del analista y contrastado con los operarios de HEMAV):

Tabla 3.3 Análisis de probabilidad de conflicto y severidad en alta montaña

Operaciones en alta montaña			
Ref.	Riesgo	Probabilidad de conflicto	Severidad
RM1	Globos	Extremely Improbable	Hazardous
RM2	Planeadores	Remote	Hazardous
RM3	Ala Delta	Remote	Hazardous
RM4	Parapente	Remote	Hazardous
RM5	Para-motor	Remote	Hazardous
RM6	Dirigibles	Extremely Improbable	Hazardous
RM7	Helicópteros	Probable	Hazardous
RM8	Aeronaves	Remote	Hazardous
RM9	Drones	Remote	No Safety Effect
RM10	Pájaros	Probable	No Safety Effect

3.1.4. Operaciones en campo abierto

Se podría decir que operar en campo abierto conllevará un rango de peligro menor respecto a los escenarios anteriormente descritos. Por una parte, la probabilidad de colisionar con cierta aeronave o pájaro se reduce mucho y si aparece cierto conflicto entre el RPA y otro usuario del espacio aéreo se dispondrá de más tiempo para maniobrar y evitar la colisión.

Definido campo abierto como el terreno extenso sin edificar fuera de las poblaciones y zonas montañosas (ver Fig. 3.3), ya podemos identificar los peligros más relevantes de este escenario operativo.



Fig. 3.3 Paisaje de la comarca del Penedès [22]

En este tipo de escenarios abundarán todo tipo de aeronaves, helicópteros, parapentes, ala delta, para-motores, globos y otras aeronaves no tripuladas debido al vuelo libre en el espacio aéreo no controlado y por su buena facilidad de vuelo en visual.

A continuación se presenta una tabla que resume los principales peligros en operar a campo abierto y sus probabilidades de conflicto con los drones de HEMAV (según el criterio del analista y contrastado con los operarios de HEMAV):

Tabla 3.4 Análisis de probabilidad y severidad en campo abierto

Operaciones en campo abierto			
Ref.	Riesgo	Probabilidad de conflicto	Severidad
RC1	Globos	Probable	Hazardous
RC2	Planeadores	Remote	Hazardous
RC3	Ala Delta	Probable	Hazardous
RC4	Parapente	Probable	Hazardous
RC5	Para-motor	Probable	Hazardous
RC6	Dirigibles	Remote	Hazardous
RC7	Helicópteros	Probable	Hazardous
RC8	Aeronaves	Remote	Hazardous
RC9	Drones	Probable	No Safety Effect
RC10	Pájaros	Extremely Remote	No Safety Effect

3.2. Identificación de los riesgos

En esta sección, se estudiará cuáles son los riesgos potenciales para la seguridad operacional de la flota de drones de HEMAV y según su grado de criticidad, se propondrán acciones para su posterior mitigación. Este ejercicio consiste en identificar los peligros más probables ya descritos anteriormente y analizar las vulnerabilidades del dron en ciertos escenarios de operación. El proceso consistirá en medir la probabilidad de que dicho riesgo suceda y obtener un grado de criticidad a la colisión. Se evaluarán los riesgos acorde con el criterio de riesgo establecido por el analista, es decir, se justificará la aceptación de dicho riesgo. Este proceso dará orientación para definir medidas para reducir la probabilidad de que dichos factores sucedan. Esto se detallará en el siguiente capítulo.

3.2.1. Definiciones

Es necesario presentar los principales conceptos:

Riesgo: Cualquier situación o circunstancia con posible desenlace con negativo resultado a la seguridad operacional de la flota de drones de HEMAV. [23]

Severidad: Es el nivel de impacto asignado a los resultados de un riesgo cuando se produzca. Con el fin de medir la gravedad de un riesgo, se utilizan matrices de evaluación en una escala de 1 a 5: “No safety effect”, “Minor”, “Major”, “Hazardous”, “Catastrophic” respectivamente. Se otorgará puntuación máxima si el riesgo implica posibilidad de daño a personas y si la mayoría están realizando un vuelo. [24]

$$\text{Severidad} = \text{Personas en vuelo}^{10} + \text{Densidad de personas implicadas}^{11}$$

En la siguiente tabla 3.5 se resume las puntuaciones definidas para la severidad:

Tabla 3.5 Niveles de severidad según las puntuaciones

Personas en vuelo¹⁰	3 Muy alto (tripulación y pasajeros)	3	4	5
	2 Alto (sólo tripulación)	2	3	4
	1 Menor (0 personas)	1	2	3
		0 Baja	1 Media	2 Alta
		Densidad de personas implicadas¹¹		

¹⁰ Número de personas en vuelo: por ejemplo, si se trata de un RPA (no tripulación) grado menor, ala delta (solo tripulación) grado alto, helicóptero (con tripulación y pasajeros) grado muy alto.

¹¹ Número total de personas implicadas: este dato diferenciará entre zonas habitadas donde pueden incluirse civiles (puntuación alta), campo abierto (puntuación media) y alta montaña (puntuación baja).

Probabilidad: Se valora la inminencia con la que se puede producir el conflicto. También se evalúa con matrices en una escala de 1 a 4 (“Extremely Improbable”, “Extremely Remote”, “Remote”, “Probable”). Se otorgará puntuación máxima si se desconoce el alcance de operación del objeto implicado o la densidad de operaciones diarias del mismo. [24]

$$\text{Probabilidad} = \text{Alcance de operación}^{12} + \text{Densidad de operaciones}^{13}$$

En la siguiente tabla 3.6 se resume las puntuaciones definidas para la probabilidad:

Tabla 3.6 Niveles de probabilidad según las puntuaciones

Alcance de operación	1 Desconocido	2	3	4
	0 Conocido	1	2	3
		1 Baja	2 Media	3 Alta
		Densidad de operaciones		

Gross Criticality: indica el estado del riesgo antes de su tratamiento. Se calcula como:

$$\text{Gross Criticality} = \text{Severidad} * \text{Probabilidad. [24]}$$

Se han desarrollado los siguientes niveles de criticidad:

- **Nivel aceptable (verde):** si el riesgo no pone en peligro a la seguridad e integridad de las personas o el RPA no queda inservible. Si el valor de criticidad se encuentra entre 1 y 3, se tratará de nivel aceptable y de baja criticidad (ver tabla 3.7).
- **Nivel aceptable con restricciones (amarillo):** si el riesgo no pone en peligro a la seguridad e integridad de las personas pero persisten daños materiales. Si el valor de criticidad se encuentra entre 4 y 9, se trata de nivel aceptable con restricciones y de media-alta criticidad (ver tabla 3.7).
- **Nivel inaceptable (rojo):** si el riesgo pone en peligro directamente a la seguridad e integridad de las personas y el RPA queda inservible. Si el valor de criticidad supera el umbral de 10, se tratará de nivel inaceptable y de muy alta criticidad (ver tabla 3.7).

¹² Alcance de operación: se puntúa como más peligroso el riesgo que se desconoce su rango de operación.

¹³ Densidad de operaciones: la cantidad de operaciones de dicho riesgo en cierto escenario.

Mitigación: acción a implementar o a desarrollar con la finalidad de reducir la probabilidad (prevención) o la severidad (protección) del riesgo a un nivel de aceptación.

Net Criticality: nivel del riesgo después de aplicar uno o varios tratamientos.

En la siguiente tabla 3.7 se resume las puntuaciones:

Tabla 3.7 Nivel de Gross Criticality

Probabilidad	4 Probable	4	8	12	16	20
	3 Remote	3	6	9	12	15
	2 Extremely Remote	2	4	6	8	10
	1 Extremely Improbable	1	2	3	4	5
		1 No safety effect	2 Minor	3 Major	4 Hazardous	5 Catastrophic
		Severidad				

3.2.2. Riesgos del estudio

En la tabla 3.8 se detallan los riesgos en cada escenario con su correspondiente grado de “Gross Criticality”:

- 25 riesgos con muy alta criticidad (nivel 10 o superior)
- 11 riesgos con media- alta criticidad (entre los niveles 4 y 9)
- 4 riesgos con baja criticidad (nivel menor a 4)

Se han identificado medidas de mitigación para contribuir a la reducción del grado de riesgo dando a lugar al Net Criticality (más detalles en el anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones):

- 6 riesgos con muy alta criticidad (nivel 10 o superior)
- 27 riesgos con media- alta criticidad (entre los niveles 4 y 9)
- 7 riesgos con baja criticidad (nivel menor a 4)

En la siguiente tabla 3.8 se presentan los riesgos principales clasificados según su nivel de “Gross Criticality” y por su prioridad en el aire:

Tabla 3.8 Niveles de criticidad de cada riesgo en dicho escenario

Ref. ¹⁴	Riesgo	Probabilidad de conflicto	Severidad	Gross Criticality	Net Criticality
Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos					
RA7	Helicópteros	4	5	20	20
RA8	Aeronaves	4	5	20	20
RA2	Planeadores	3	4	12	12
RA1	Globos	1	4	4	4
RA3	Ala Delta	1	4	4	4
RA4	Parapente	1	4	4	4
RA5	Para-motor	1	4	4	4
RA6	Dirigibles	1	4	4	4
RA10	Pájaros	3	1	3	3
RA9	Drones	1	2	2	2
Operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas					
RH7	Helicópteros	4	5	20	12
RH9	Drones	4	3	12	3
RH5	Para-motor	2	5	10	4
RH8	Aeronaves	2	5	10	4
RH1	Globos	2	5	10	4
RH2	Planeadores	2	5	10	4
RH3	Ala Delta	2	5	10	4
RH4	Parapente	2	5	10	4
RH6	Dirigibles	1	4	4	4
RH10	Pájaros	3	2	6	2
Operaciones en alta montaña					
RM7	Helicópteros	4	4	16	12
RM2	Planeadores	3	4	12	8
RM3	Ala Delta	3	4	12	6
RM4	Parapente	3	4	12	6
RM5	Para-motor	3	4	12	6
RM8	Aeronaves	3	4	12	8
RM1	Globos	1	4	4	4
RM6	Dirigibles	1	4	4	4
RM10	Pájaros	4	1	4	3
RM9	Drones	3	1	3	3
Operaciones en campo abierto					
RC1	Globos	4	4	16	9
RC3	Ala Delta	4	4	16	9
RC4	Parapente	4	4	16	9
RC5	Para-motor	4	4	16	9

¹⁴ R: riesgo, A: aeródromo, H: zona habitada, M: alta montaña, C: campo abierto, 1-10: numeración según prioridad en el aire [6]

RC7	Helicópteros	4	4	16	12
RC2	Planeadores	3	4	12	6
RC6	Dirigibles	3	4	12	6
RC8	Aeronaves	3	4	12	8
RC9	Drones	4	1	4	4
RC10	Pájaros	2	1	2	2

El objetivo de este proyecto es trabajar para aplicar las medidas de mitigación específicas de cada riesgo con el fin de acercarse en el nivel de “Gross Criticality” por debajo del umbral de muy alta criticidad (puntuación entre 10 y 20) y para garantizar que su criticidad tampoco aumente con el tiempo. De esta forma, la empresa HEMAV dedicada al servicio de fotografía aérea y agricultura de precisión con aeronaves no tripuladas tendrá garantías de operaciones seguras.

En la siguiente Fig. 3.4 podemos ver gráficamente los riesgos más críticos de cada escenario con la finalidad de decidir cuál de ellos deberán ser tratados para la posterior reducción de su “Gros Criticality”:

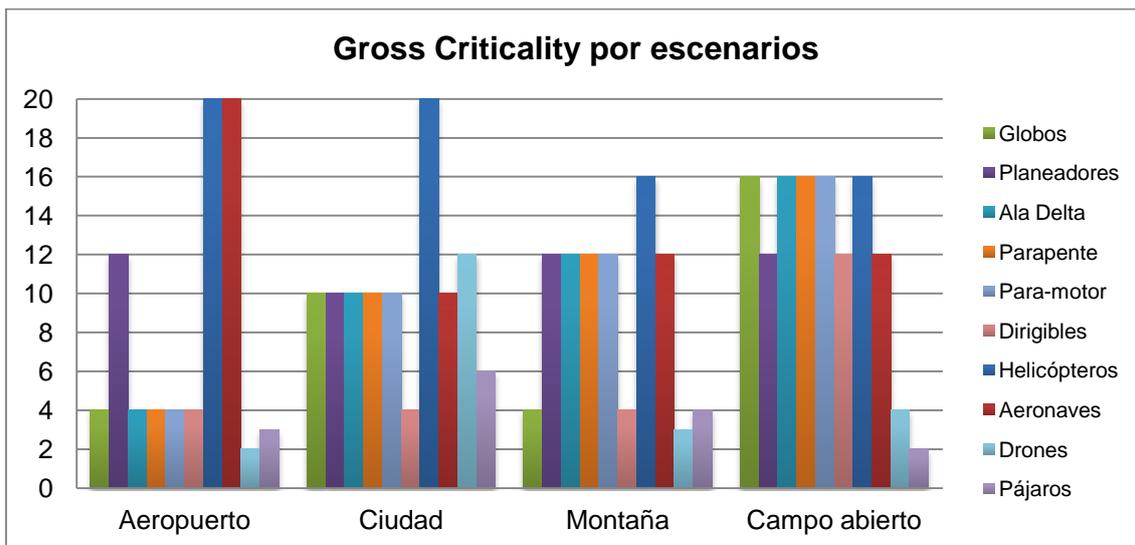


Fig. 3.4 Gross Criticality por escenarios

Como se comentó, el objetivo es reducir aquellos riesgos más críticos en los escenarios donde la flota de drones de HEMAV operará y se busca realizar las operaciones con seguridad. Por este motivo, todos aquellos riesgos que podemos ver en la Fig. 3.4 que superan el umbral de alta criticidad (nivel superior e igual a 10) deberán ser tratados para reducir su valor. Con las mitigaciones propuestas en esta sección para cada riesgo y su estimación de la posterior “Net Criticality”, se seleccionaran aquellas integrables a la operativa de HEMAV (ir al anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones para consultar detalles).

En la siguiente Fig. 3.5, se puede ver los niveles de criticidad de cada riesgo en cada escenario, por lo que obtendrá un enfoque de cuáles serán los más críticos y los que se deberán realizar procedimientos para la mitigación. En gris está el escenario operacional cerca de un aeródromo y aeropuerto en cuyo caso está totalmente prohibido el vuelo con aeronaves no tripuladas según la normativa vigente (ver 2.1.3) y por lo tanto no se considerará este escenario en el marco de este proyecto para la reducción del riesgo a la colisión. Por lo que respecta a los otros tres casos, las barras en rojo representan los riesgos que superarían el nivel inaceptable de criticidad (superior a 10) por los cuales se deberá reducir hasta el nivel aceptable con restricciones. Las barras amarillas son las que representan el nivel aceptable con restricciones (entre 4 y 9) y las verdes el nivel aceptable (por debajo de 4).

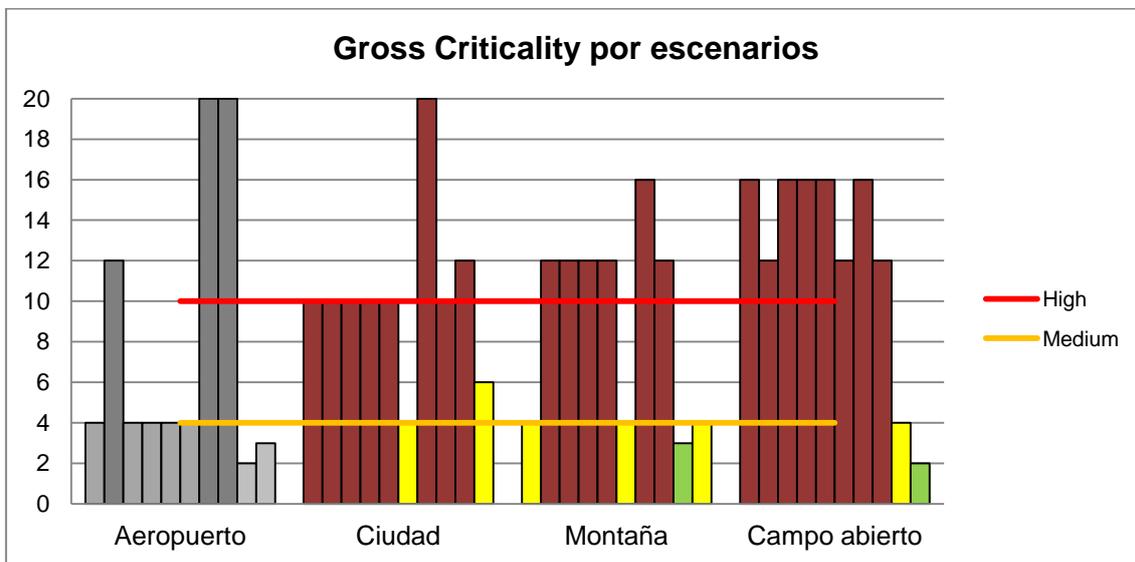


Fig. 3.5 Gross Criticality por escenarios

Finalmente, se ha presentado un gráfico de sector mostrando la presencia global de cada obstáculo aéreo en los escenarios definidos para obtener una idea de cuáles son los riesgos más presentes en cualquier operación que realice HEMAV (ver Fig. 3.6). En la Fig. 3.7, se presenta el valor global de la severidad de cada riesgo si un dron de HEMAV colisionara con cierto obstáculo en cierto escenario. En ambos gráficos, los valores extraídos son los indicados en la tabla 3.8 anterior (sólo teniendo en cuenta los valores del “Gross Criticality”).

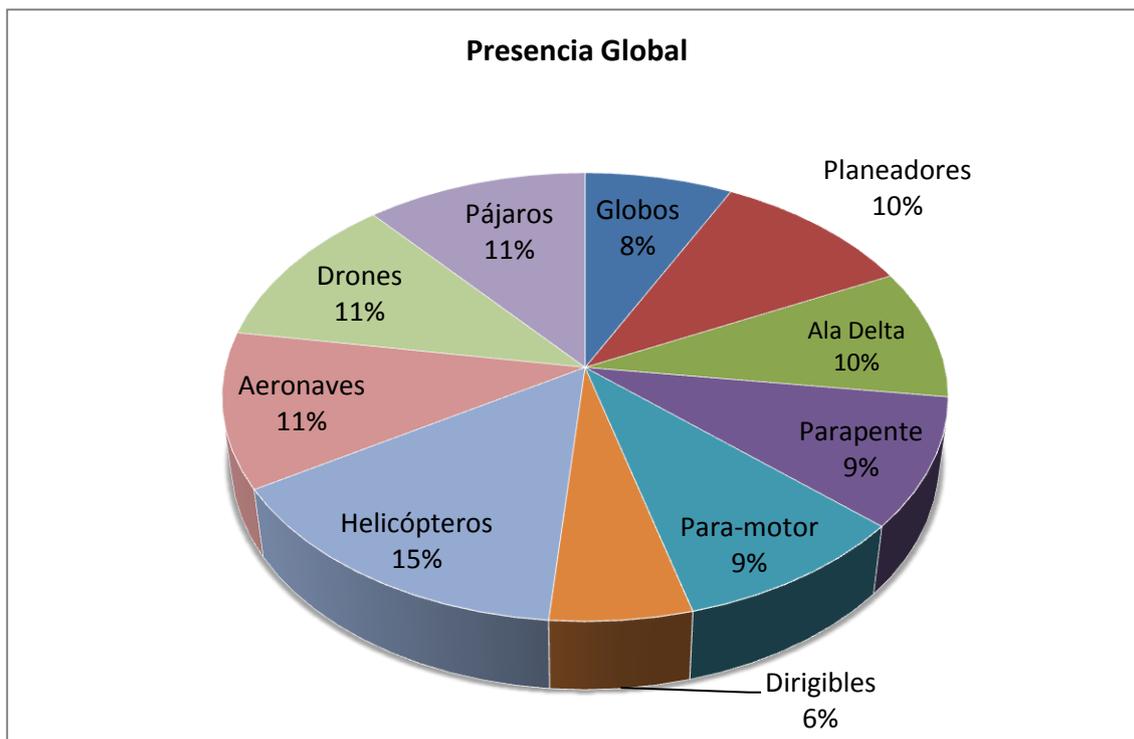


Fig. 3.6 Gráfico de la presencia global de los riesgos definidos

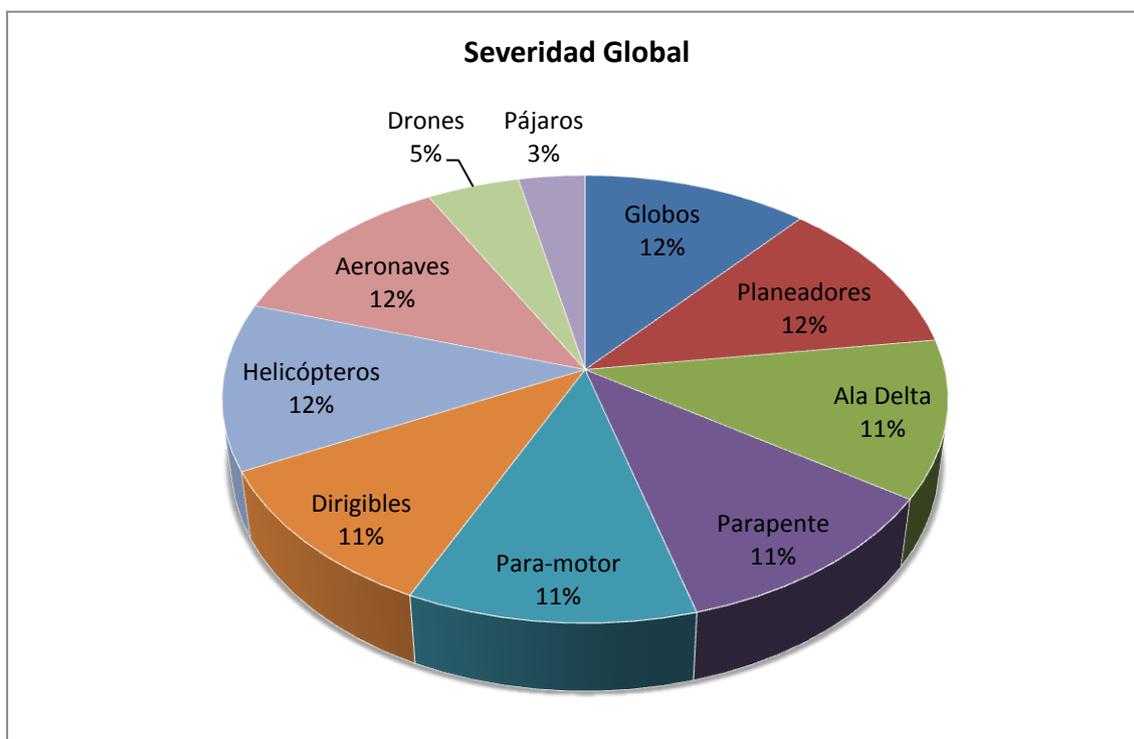


Fig. 3.7 Gráfico de la severidad global de los riesgos definidos

3.2.3. Primer enfoque de los riesgos a tratar

Mediante las figuras presentadas en la anterior subsección 3.2.2, se puede extraer un primer enfoque de esos riesgos importantes a tratar con la finalidad de reducir su probabilidad de conflicto y/o sus severidad.

En la figura Fig. 3.6, el obstáculo aéreo móvil con más presencia en la mayoría de los escenarios es el helicóptero. En cambio, en la figura Fig. 3.7, no se identifica un riesgo importante que se desmarque de los demás. Todos aquellos riesgos que conlleven a unas consecuencias que afecte a la seguridad de las personas obtienen más puntuación de aquellas que no, como son las aeronaves no tripuladas y los pájaros.

Por lo que respecta a los escenarios operativos, se deberá considerar el volar en campo abierto como el escenario con más riesgos con criticidad muy por encima de lo permitido. Como se puede ver en la figura Fig. 3.5, las operaciones en zonas pobladas se encuentra en el segundo lugar y en alta montaña en el tercer lugar. Recordar que el escenario de operar cerca de aeródromos queda fuera de estudio.

Según el encuentro con un experto ornitológico (anexo C.3), las aves no interferirán en las operaciones de drones a menos que estos operen cerca de su hábitat y en época de cría. Por este motivo, en este proyecto sólo se plantearán ciertos consejos como consultar el hábitat de las aves durante el período de reproducción.

Cualquier dron tiene prohibido entrar en las zonas consideradas aeródromos o aeropuertos (dentro de la CTR). Así que HEMAV deberá consultar en el AIP de AENA, el radio de dicho aeropuerto para no interferir en sus operaciones diarias. Según el BOE presentado el 5 de Julio y anunciado en la sección 2.1.3 de este documento, los drones no podran operar en zonas habitadas o aglomeraciones de personas, aunque pese a esto, en este proyecto se contemplará la opción de dar servicio en ciudades y pueblos ya que por el momento no es un decreto definitivo y para las empresas de drones les es de interés ofrecer servicios de fotografía aérea en este escenario y se estudiarán los principales riesgos y mitigaciones a aplicar.

En el anexo B (tablas de riesgos y mitigaciones) se presentan tablas de cada riesgo con sus mitigaciones y descripción más detallada. Sólo se detallan aquellas que se consideran importantes a reducir su “Gross Criticality” debido a las consultas realizadas a expertos en cada campo de la navegación aérea (consultar anexo C – actas de las entrevistas a expertos) según su importancia para las operaciones de HEMAV:

- Riesgo de colisionar cerca de Aeropuertos: Según la regulación, los RPA NO pueden operar en CTR. Este escenario queda fuera del estudio.
- **Riesgo de colisionar en zonas pobladas: 9 riesgos** – Grabación y reproducción de eventos culturales, deportivos y promocionales. Grado de riesgo con los habitantes elevado.

- **Riesgo de colisionar en alta montaña: 7 riesgos** – Grabación y reproducción de eventos deportivos y lucrativos. Grado de riesgo con otras aeronaves medio.
- **Riesgo de colisionar en campo abierto: 8 riesgos** – Agromav (agricultura de precisión). Grado de riesgo con otras aeronaves elevado.

Una vez decidido el grado de importancia a tratar dicho riesgo y, haber presentado las mitigaciones a las causas que puedan derivar a una colisión, se recalcula el valor asignado y se obtiene el “Net Criticality”. En las tablas del anexo B, podemos ver este nuevo valor de los cuales se han resumido en las siguientes figuras Fig. 3.8 y Fig. 3.9:

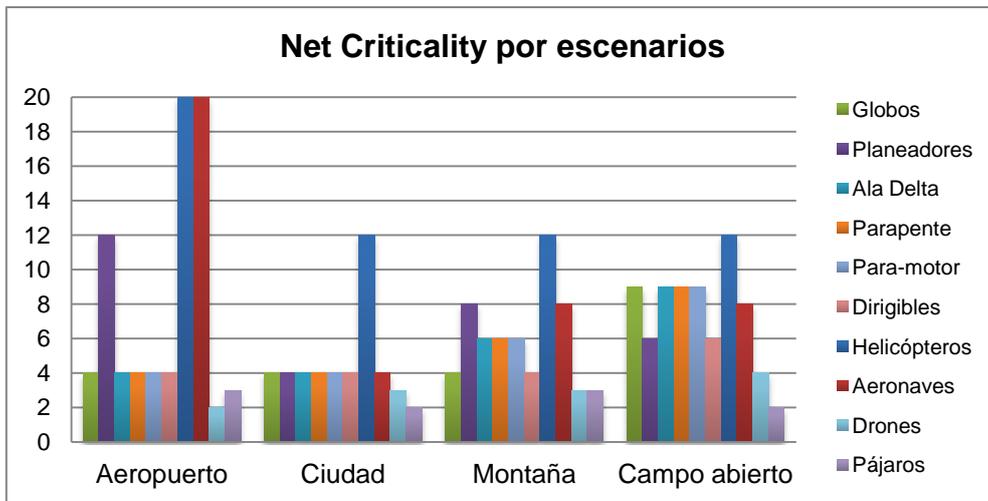


Fig. 3.8 Net Criticality por escenarios

En esta segunda gráfica se muestra como los riesgos a excepción del helicóptero se han mitigado hasta situarse por debajo del umbral permitido siempre y cuando se apliquen los procedimientos descritos en el anexo B:

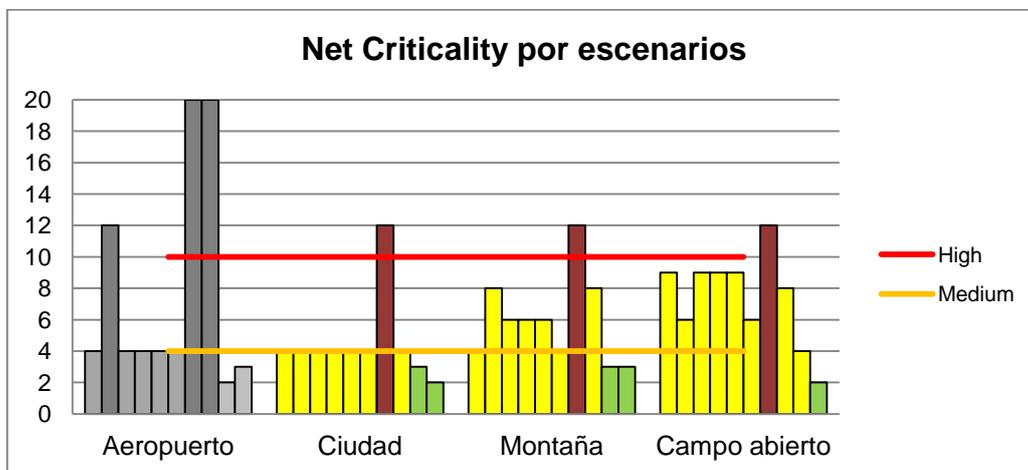


Fig. 3.9 Net Criticality por escenarios

Finalmente, mediante los siguientes gráficos de las figuras Fig. 3.10, Fig. 3.11 y Fig. 3.12 podemos ver la reducción de criticidad que supondría en cada riesgo una vez establecido las mitigaciones correspondientes.

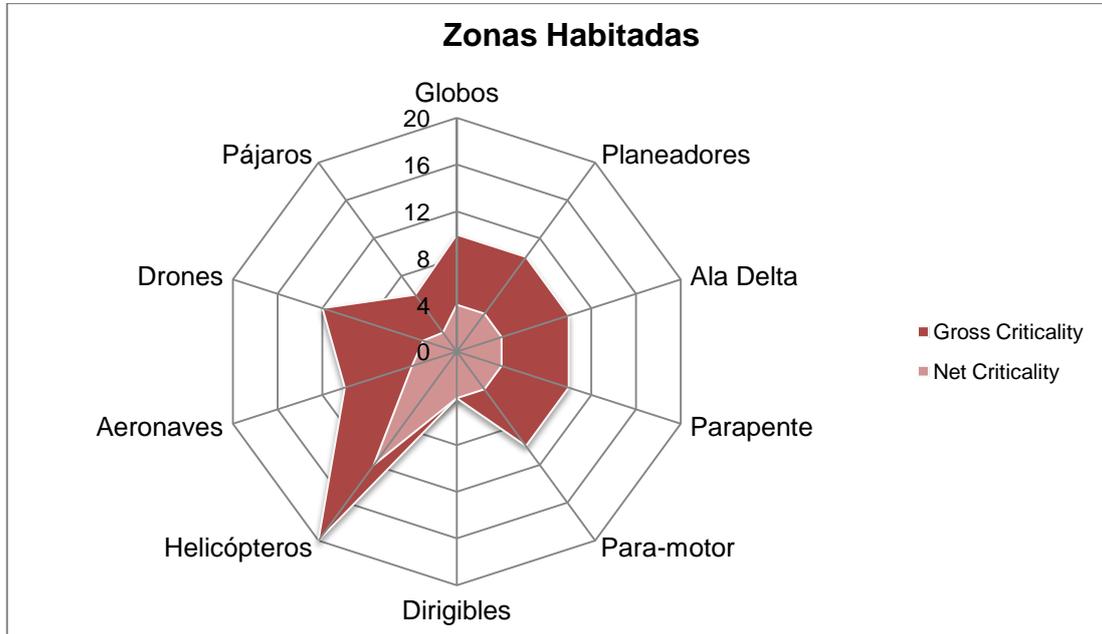


Fig. 3.10 Reducción del nivel de criticidad en zonas habitadas

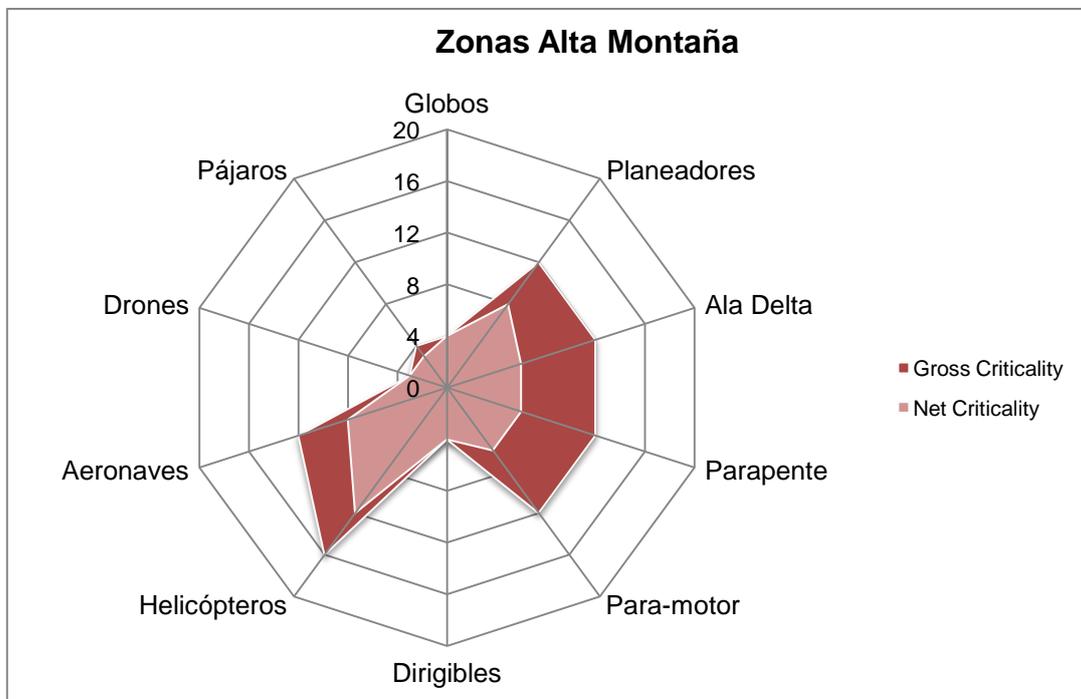


Fig. 3.11 Reducción del nivel de criticidad en zonas de alta montaña

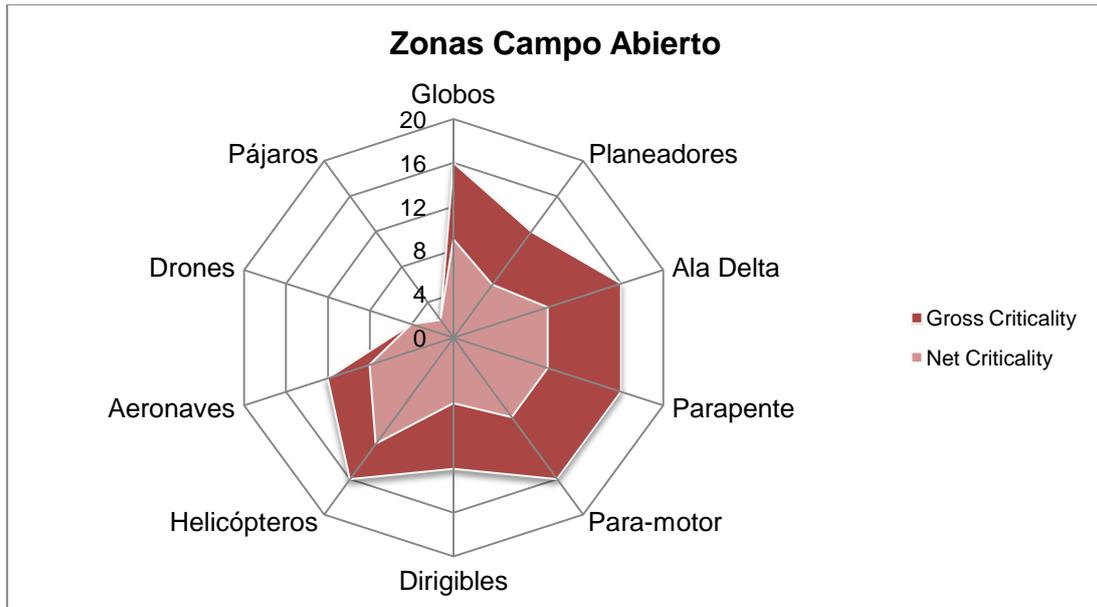


Fig. 3.12 Reducción del nivel de criticidad en zonas de campo abierto

4. CAPÍTULO 4. SELECCIÓN Y DISEÑO DE LAS SOLUCIONES

En este capítulo se presentarán las mitigaciones propuestas por el autor ya mencionadas en las tablas del anexo B con la finalidad de reducir el valor de “Gross Criticality” de cada riesgo. Se detallarán las soluciones operativas, instrumentales y visuales con la finalidad de mostrar al equipo HEMAV las soluciones válidas a implementar de inmediato y las que se dejarían a objeto de estudio para un trabajo futuro. Finalmente, se mencionarán aquellas mitigaciones seleccionadas para la implementación a las operaciones de las aeronaves no tripuladas de HEMAV.

4.1. Recopilación de mitigaciones para la flota de HEMAV

En esta sección se identifican y detallan las acciones para la mitigación a las causas de las posibles colisiones descritas en las tablas del anexo B, que con las aportaciones de cada uno de los expertos del campo de la navegación aérea, se han extraído varias soluciones viables y realizables para las operaciones con aeronaves no tripuladas.

Las soluciones se pueden clasificar como cooperativas y no-cooperativas. Aquellas que los pilotos de drones deben establecer contacto dependiendo del comportamiento de otras aeronaves, serán las soluciones cooperativas. En cambio, las mitigaciones que los operarios de drones realicen independientemente del vuelo de otras, serán las no-cooperativas. Las soluciones propuestas son las siguientes:

a) Mitigaciones operacionales (no-cooperativas)

- Consultar y publicar NOTAM de operaciones en cierto lugar y tiempo.
- Consultar meteorología por su importancia en el vuelo VFR.
- Consultar antes de cada operación el Mapa 1¹⁵ (que contendrá CTR, aeródromos, zonas de saltos en paracaídas, zonas de globos, helipuertos) y Mapa 2¹⁶ (que contendrá áreas sombreadas indicando los escenarios y parques naturales, donde pueda haber conflicto importante con aves).
- Altura máxima de vuelo 400ft en vez de 1000ft.

b) Mitigaciones instrumentales integrables al equipo UAS (cooperativas)

- Transpondedor activo.
- Centro de control de tierra con radio aeronáutica.

c) Mitigaciones visuales integrables al RPA (no-cooperativa)

- Luces estroboscópicas blancas y rojas.

¹⁵ Para más información consultar sección 4.1.3.

¹⁶ Para más información consultar sección 4.1.3.

4.1.1. Mitigación Operacional – NOTAM

Un NOTAM (“Notice To Airmen”) se crea para alertar a los aviadores de cualquier clase de peligro en una ruta o en un aeródromo. Las agencias de gobierno crean y transmiten los NOTAM siguiendo las características descritas en el Anexo 15 (Servicios de información aeronáutica) de la ICAO. [5] Varios motivos hacen que se emita un NOTAM: [24]

- Peligros como exhibiciones aéreas o saltos de paracaidistas.
- Pistas cerradas de aeródromos.
- Ayudas de navegación por radio inoperativas.
- Ejercicios militares.
- Presencia temporal de obstáculos cerca de aeropuertos.

Es interesante conocer como se consultaría un NOTAM en caso que la empresa dedicada al servicio con aviones no tripulados decidiera operar en cierto lugar y tiempo. En esta sección, se explicará muy brevemente la consulta de NOTAM mediante un portal web de AENA. Por otra parte, es necesario el estudio de cómo se publica un NOTAM en caso que la empresa de drones tuviera que operar en cierto escenario para ofrecer un determinado servicio, aunque por el momento, no hay obligación de emitir un NOTAM a menos que la masa máxima al despegue de la aeronave sea inferior a 2kg y se operara más lejos de línea de visión (500m) como bien dictamina el artículo publicado en el BOE (ver sección 2.1.3).

4.1.1.1. Consultar NOTAM

El Servicio de Información aeronáutica (AIS) aporta información interesante previa a cualquier vuelo que se desearía realizar por cualquier tipo de aeronave. En el Boletín de Información Previa al Vuelo (“Preflight Information Bulletin” - PIB) se aportan todos los datos que es necesario conocer antes de iniciar una operación aérea y se puede acceder a esta información en [25]. En el manual de usuario para la consulta de información previa al vuelo del sistema ÍCARO a través de internet, se detallan instrucciones básicas para la obtención de información importante. En esta sección no se dedicará a la explicación detallada sobre la consulta de un NOTAM, para ello se puede consultar los documentos [26] y [27].

4.1.1.2. Generación de boletines de pre-vuelo

Según normativa solo las operaciones que se desarrollen con drones que operen más allá de la línea de vista (500m) tendrán la obligación de publicar NOTAMs. Mediante ÍCARO [25], AENA proporciona un medio para la tramitación inicial de los mensajes de plan de vuelo, facilitando terminales de usuario desde los que efectuar su presentación. Las oficinas responsables, con las facilidades que les aporta el sistema, se encargan de la gestión y seguimiento del plan de vuelo. [27] En esta sección no se dedicará a la explicación detallada sobre la edición de un NOTAM, para ello se puede consultar los documentos [26] y [27].

4.1.2. Mitigación Operacional – Meteorología

En el anexo A – Legislación, sección A.1.2.4, se presentó la Tabla 2 donde se especificaba las condiciones de visibilidad según las clases de espacio aéreo. Las aeronaves no tripuladas y pilotadas por control remoto deben operar dentro de un rango visible por los operarios y, es por este motivo, que deberán cumplir con toda la normativa relacionada con el vuelo visual (VFR) que se presentó en la sección 2.1 y en condiciones meteorológicas visuales (VMC). [6]

Para la buena seguridad en las operaciones de drones de HEMAV se recomienda, antes del vuelo, a realizar un procedimiento para la consulta de la meteorología en el lugar y momento de la operación. De esta manera, se debe asegurar:

- ✓ Buena visibilidad hasta un rango de 5km a la redonda
- ✓ Viento por debajo de 30km/h por criterio de los operarios de drones de HEMAV (a 5kt - 10km/h se aborta el vuelo con globo) y dirección contraria a cualquier aeródromo.
- ✓ Zonas de corrientes térmicas.
- ✓ Sin precipitaciones.
- ✓ Vuelo en visual no se realiza de noche.

Finalmente, comentar que para la consulta de datos meteorológicos aeronáuticos sería muy interesante registrarse en la página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ya que aportan datos válidos y actualizados de mapas de viento, temperatura, visibilidad, precipitación e incluso de presión atmosférica, entre otras utilidades. Para más información consultar en [28]. A continuación en las figuras Fig. 4.1, Fig. 4.2 y Fig. 4.3, se presentan ejemplos de mapas meteorológicos que se pueden extraer de AEMET:

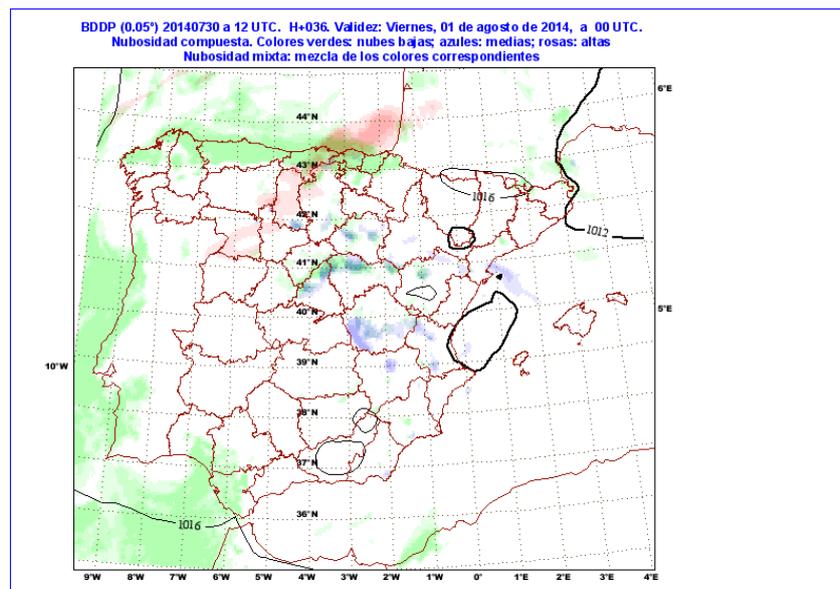


Fig. 4.1 Nubosidad Compuesta de la Península Ibérica y Baleares [28]

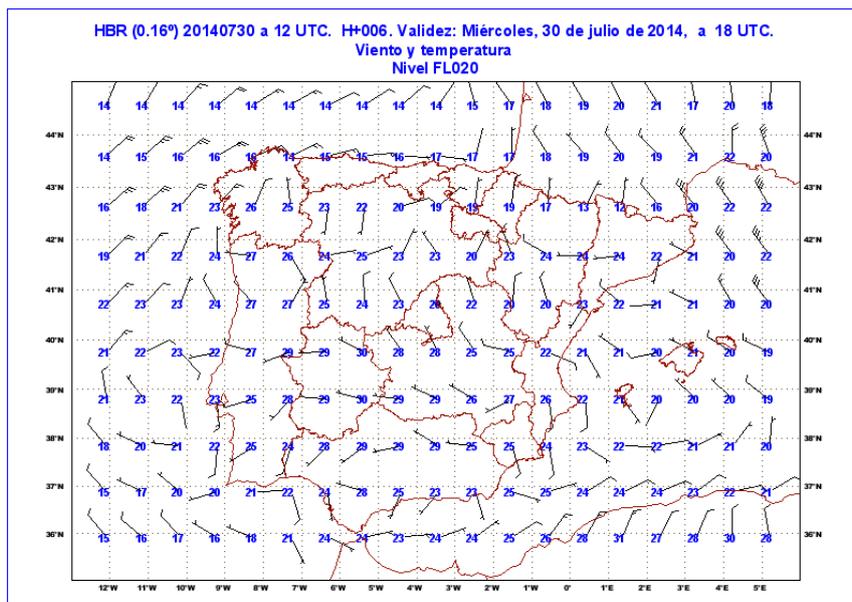


Fig. 4.2 Viento y temperatura de la Península Ibérica y Baleares [28]

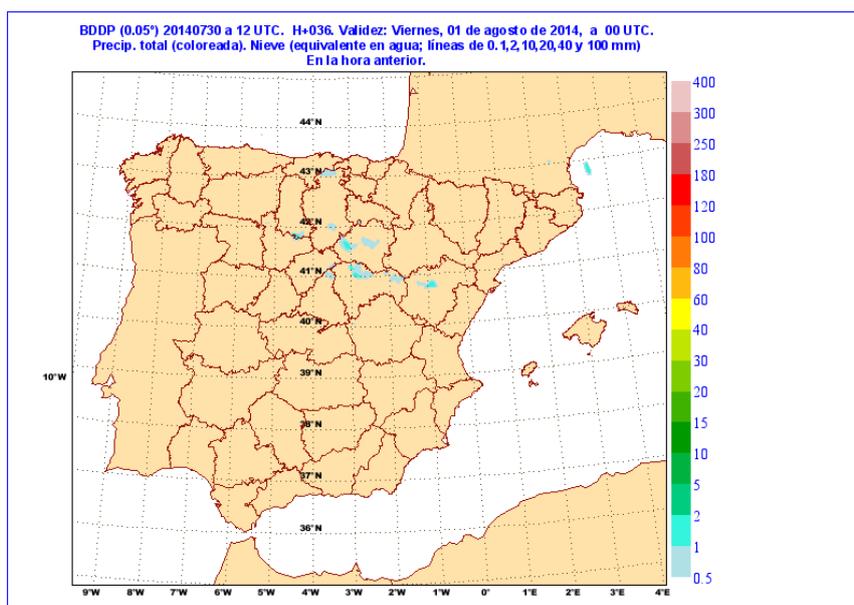


Fig. 4.3 Precipitación total de la Península Ibérica y Baleares [28]

4.1.3. Mitigación Operacional – Mapas geográficos

La tercera solución operacional consistirá en la creación de uno o varios mapas geográficos de la zona de Catalunya donde por el momento la empresa de drones HEMAV está encontrando la mayor parte de su mercado tanto de agricultura de precisión como de reportajes aéreos. Así que aportar un o varios mapas digitales indicando ciertos aspectos a tener en cuenta antes de ir a volar

en cierto lugar, les aportará más seguridad operacional mitigando los riesgos que se detallaron en la sección 3.2 y en las tablas del anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones.

Se pretende estudiar el desarrollo de los siguientes mapas:

- ✓ **Mapa 1:** Se indicará las zonas totalmente restringidas por las aeronaves no tripuladas, ya sean los aeródromos, aeropuertos, helipuertos, zonas de salto en paracaídas, aeroclubes, zonas de globos...
- ✓ **Mapa 2:** Se indicará con áreas sombreadas los escenarios definidos en la sección 3.1 de este documento así como también parques naturales donde abundan aves en periodo de cría.

La finalidad de estos mapas es la siguiente:

- ✓ Comprobar que el alcance de la operación se dará fuera de aéreas restringidas por las aeronaves no tripuladas y cumpliendo con la normativa.
- ✓ Aplicar las medidas pertinentes según de qué escenario se tratara. Si el lugar se citara en un área sombreada como alta montaña, se consultarán los peligros existentes en este escenario definidos en la sección 3.2 y se proseguirá con las acciones pertinentes a mitigar cada riesgo (definidas en las tablas del anexo B).

A continuación se presenta un ejemplo de cómo sería el Mapa 1:

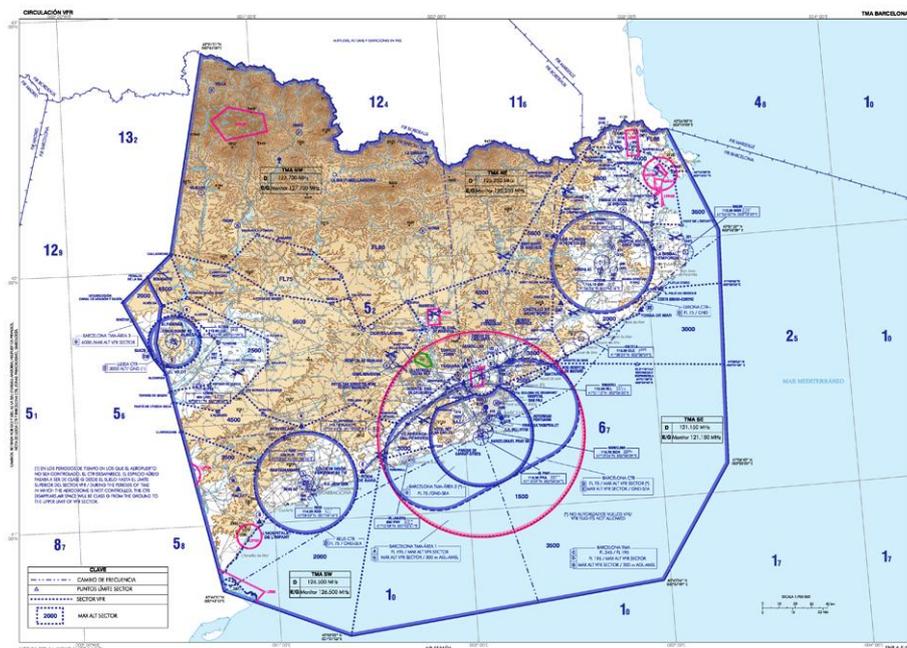


Fig. 4.4 Mapa 1: Restricciones operacionales para el RPA. [20]

4.1.4. Mitigación Operacional – Altura máxima de 400 pies

Tal y como se comenta en la sección 2.1, el comunicado emitido por AESA sobre el uso de los drones en el espacio aéreo español establece que toda aeronave no tripulada deberá operar en el espacio aéreo no controlado y hasta una altura de 400 pies (120m). Este hecho también fue recomendado por el piloto de ultraligeros y aeronaves, Delfí López (ver Anexo C – actas de las entrevistas a expertos), que conociendo la operatividad de las aeronaves no tripuladas y su alcance en el servicio civil vigente, comentó que para realizar vuelos y tomar imágenes aéreas no haría falta realizar vuelos a grandes alturas. De esta forma si se limitara a las aeronaves no tripuladas los primeros 400 pies, a menos que las otras aeronaves estuvieran realizando una operación de despegue, aproximación o cambio de altitud para evitar colisión, estas volarían a altitudes mayores (hasta por encima de 1000 pies).

A continuación se presenta en la Fig. 4.5 un esquema ilustrativo (no a escala) de cómo se podría contemplar la idea de separar el espacio aéreo no controlado en una primera parte exclusivamente para que operen los drones hasta los 400 pies (120m). De esta forma, las otras aeronaves tendrían consciencia que, volar por debajo de esta altura respecto del suelo, tendrían probabilidades de entrar en conflicto con un avión no tripulado y, por lo tanto, deberían estar mucho más pendientes para detectarlos y evitar el riesgo a la posible colisión.

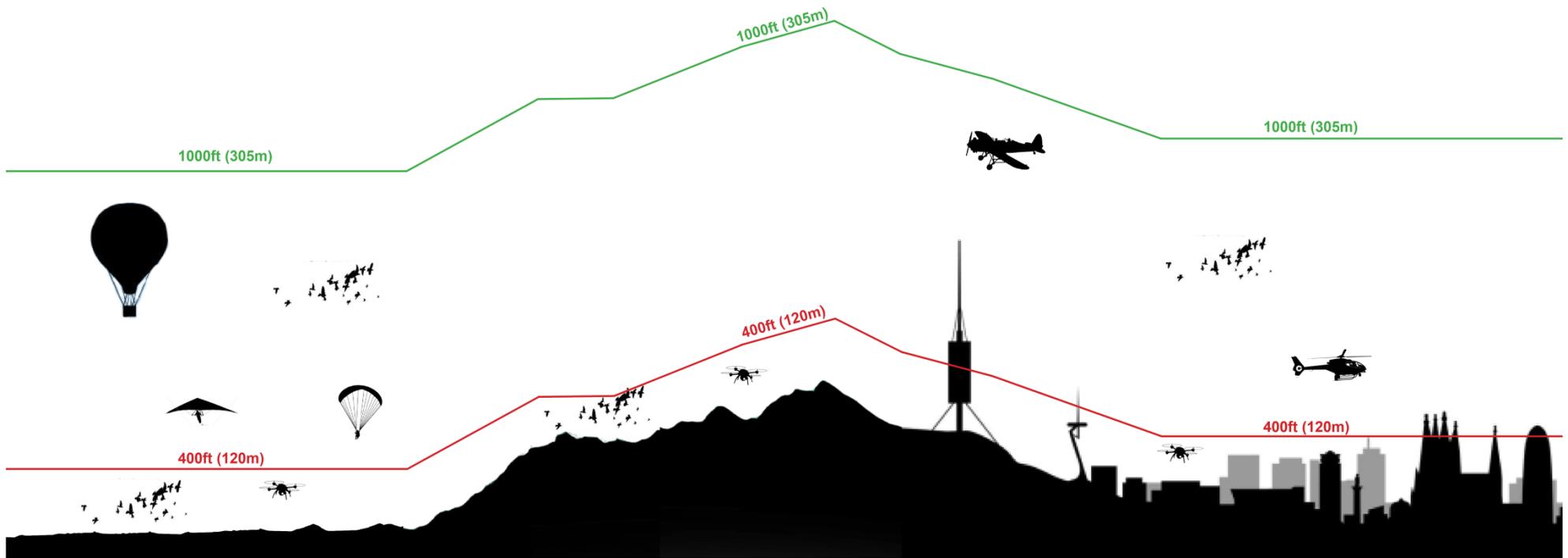


Fig. 4.5 Esquema de la separación del espacio aéreo no controlado para los drones. Altitudes respecto al nivel del suelo

4.1.5. Mitigación Instrumental – Transpondedor

En esta sección se comentará un sistema electrónico que se podría instalar en el UAS con la finalidad de ser detectable por otras aeronaves que estén operando cerca de la aeronave no tripulada. Consistiría en la instalación de un transpondedor.

Aunque no es tarea de este trabajo detallar el funcionamiento del transpondedor, comentaremos ciertos aspectos para la mejor comprensión de este sistema y así comprender porque puede ser útil para conseguir seguridad operacional en las aeronaves no tripuladas y pilotadas por control remoto.

La sugerencia por parte de Jordi Gelabert y Delfí López (ver anexo C.6 y C.10 respectivamente) de implementar el sistema transpondedor a la flota de drones de HEMAV surgió por la necesidad de poder ser identificados por los radares secundarios del control de tráfico aéreo. Tal y como comentó Jordi, en las instalaciones de los controladores aéreos sólo se identifican esas aeronaves equipadas con transpondedor, de los cuales se beneficiarán las otras aeronaves también equipadas para evitar posibles colisiones. Con esto, decir que la implementación de esta tecnología no mitigaría el riesgo a colisionar con aquellas aeronaves u obstáculos aéreos móviles que no llevaran el transpondedor. Entonces las autoridades de tráfico aéreo nunca podrían notificar de la posible colisión.

Un transpondedor es un dispositivo electrónico que produce una respuesta cuando este recibe una interrogación por radiofrecuencia. En la navegación aérea se recurre a este dispositivo con la finalidad de identificar toda aeronave presente en el espacio aéreo por los radares del control de tráfico aéreo y así una vez identificada la aeronave con su posición, velocidad y su plan de vuelo se podrá prever posibles colisiones en el aire entre dos o más aeronaves.

En el control de tráfico aéreo se distinguen dos tipo de radares, el radar primario (PSR) que solo trabaja pasivamente reflejando mediante señales de radio toda aeronave en el espacio aéreo sin identificación alguna, aportando su distancia y rumbo con fiabilidad, y el radar secundario (SSR), el cual se caracteriza por “preguntar” a objetos no identificados en el espacio aéreo cuando son detectados. El radar secundario además de conocer la posición de la aeronave, es capaz de obtener otros parámetros de la aeronave cuando esta se identifica, como la actual altitud de crucero y el plan de vuelo. Siempre que esté equipada con un transpondedor que responda a las interrogaciones por señal del SSR.

En la siguiente Fig. 4.6 se pueden identificar las frecuencias de interrogación y respuesta utilizadas en la aviación. Para la transmisión de la señal desde el SSR se usa 1030MHz, con lo que el receptor del RPA deberá estar configurado a esta frecuencia. Por otra parte, la transmisión de la señal desde la aeronave se establece a la frecuencia de 1090MHz. [5] [29]

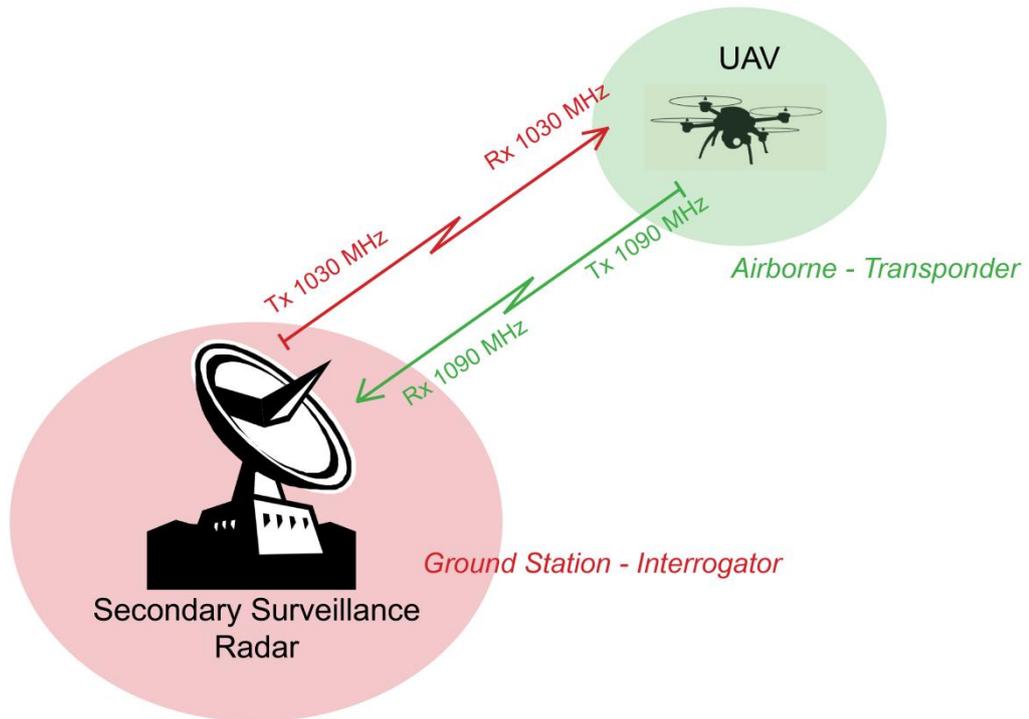


Fig. 4.6 Diagrama de interrogación y respuesta del radar secundario SSR

Para una información ampliada de las características de los radares secundarios, los modos de interrogación o diferentes códigos del transpondedor consultar las siguientes referencias [30], [31] y [32].

Para terminar esta sección, se presenta un dispositivo transpondedor preparado para ser instalado a bordo de aeronaves muy pequeñas y ligeras como los drones. El XP transpondedor está desarrollado por Sagetech™ y sus principales características son las presentadas en [33].



Fig. 4.7 Transpondedor XP de Sagetech™ [33]

4.1.6. Mitigación Instrumental – Radio Aeronáutica

El segundo dispositivo electrónico que se debería instalar en el sistema de UAS es la radio utilizada en la navegación aérea. En esta sección se presentan los motivos por los cuales una radio sería de gran utilidad en las operaciones de aeronaves no tripuladas. En este caso no se trataría de un instrumento equipado a bordo de la aeronave, sino un soporte para los operarios de la estación de tierra durante el desarrollo de las operaciones con drones.

En el servicio de tráfico aéreo se recurre al uso en las comunicaciones por voz por radiofrecuencia, con aviones a la vista entre tierra-avión y avión-avión, mediante dos bandas la alta frecuencia (HF) entre 3 y 30 MHz y la banda de muy alta frecuencia (VHF) entre los 30 y 300MHz. [34]

Como se comentó en la sección 2.1, el espacio aéreo está dividido por clases y en cada una de ellas se prestan servicios distintos con determinadas reglas. En el caso del vuelo por el espacio aéreo no controlado no es obligatorio el contacto por radio con las autoridades de tráfico aéreo. De todas formas, ir equipado con radio e informar del vuelo es de gran ayuda para evitar posibles colisiones.

Una vez equipado el sistema UAS con radio, queda por conocer las frecuencias que se deberán utilizar en el lugar de operación para evitar cualquier riesgo. Puntualizar que sólo se mitigarán aquellos riesgos a la colisión con aeronaves que lleven radio y el centro de control pueda contactar para informarles de la presencia de un dron en sus proximidades.

Las frecuencias del espacio aéreo están publicadas en el AIP de AENA. En el documento se podrá consultar las frecuencias de la UIR, FIR y TMA de Barcelona. [35]

4.1.7. Mitigación Visual – Luces estroboscópicas

Por último se plantea instalar un sistema visual para que la mayoría de pilotos de parapentes, para-motores, ala delta, globos, ultraligeros y helicópteros pudieran detectar, por sus propios medios visuales, la posición y actuación del dron. Con esta solución cerraríamos y contemplaríamos todos los casos posibles de colisión con cualquier aeronave y en cualquier escenario.

En caso que una determinada aeronave no llevase activado el transpondedor, o no llevara una radio aeronáutica, no hubiera publicado ni consultado ningún NOTAM y su vuelo fuera anormal para la previsión de los operarios de HEMAV, el sistema visual mediante luces estroboscópicas blancas y rojas que llevase activo el dron, posibilitaría ser avistado por esa aeronave y así reducir el riesgo a la colisión. Esta solución fue propuesta por varios pilotos del ámbito de la navegación aérea. Para ver más detalles consultar el anexo C – actas de las entrevistas a expertos.

A diferencia de los otros sistemas propuestos anteriormente, este sistema requiere un estudio, diseño y testeo más detallado por su innovación en el ámbito de la navegación de aeronaves no tripuladas y su fiabilidad para los demás pilotos. En este trabajo no se desarrollará más de lo que se detalle en esta sección.

Se propone testear su fiabilidad mediante la medición de la distancia en que un piloto a cierta velocidad y con buena visibilidad pudiera ser capaz de detectar a tiempo para la maniobra anticolidión con el dron en cuestión. Estudiar si las luces estroboscópicas son rentables en el consumo global del dron para la realización de cierta operación. También se debería detallar los puntos a instalar las luces tanto en los rotores como los drones de ala fija.

Las luces estroboscópicas de alta intensidad ya son utilizadas en el mundo de la aviación tanto en los aeropuertos como en las aeronaves, con la finalidad de evitar colisiones. En los aviones, las luces estroboscópicas dirigen un pulso de luz blanca, para ayudar a otros pilotos a reconocer la ubicación de la aeronave en bajas condiciones de visibilidad. Para ampliar la información sobre la iluminación utilizada en el campo de la aviación, consultar [36] y [37].

Finalmente, se presenta una representación básica de cómo debería ser este sistema de iluminación que de soporte visual a la detección de drones por parte de los pilotos. En la figura Fig. 4.8 podemos ver como el piloto identifica el dron con luces rojas. En este caso (detección del dron a través de las luces rojas) significará que la aeronave no tripulada está realizando un vuelo en dirección al piloto. Es por este motivo que el color rojo indicará peligro. Por otro lado, las luces blancas parpadeantes se colocarían detrás del dron, indicando que su rumbo es el mismo que el del piloto. Con las luces blancas se indicaría que cerca hay una aeronave no tripulada y se debería estar más pendiente de su comportamiento. Como se comentó, la implementación de esta solución visual mediante luces estroboscópicas, se mitigarían ciertos riesgos de colisión con objetos aéreos móviles que no llevasen otro tipo de sistema de detección que no sea la de la propia capacidad visual del piloto, es decir, parapentistas, pilotos de globos, ala deltas, otros drones, además de una ayuda adicional para pilotos de helicópteros y aeronaves.



Fig. 4.8 Representación del sistema visual mediante luces estroboscópicas

4.2. Selección y desarrollo de las soluciones integrables

De acuerdo con las reuniones con los operarios de la flota de drones de HEMAV presentando las soluciones recomendadas por los expertos del campo de la aviación para reducir el riesgo a la colisión, en esta sección se presentan las más viables, económicas e inmediatas de implementar según los criterios técnicos y de recursos en la operativa de HEMAV. Las otras soluciones presentadas en 4.1, se dejarán a objeto de estudio para la implementación futura.

Las soluciones que se presentarán en esta parte y por lo tanto las que se integrarán inmediatamente en la operativa de HEMAV son las siguientes:

- a) Mitigación Operacional: NOTAM – Ícaro.
- b) Mitigación Operacional: Meteorología – AEMET.
- c) Mitigación Operacional: Altura máxima de vuelo 400ft.
- d) Mitigación Instrumental: Radio Aeronáutica.
- e) Mitigación Visual: Luces estroboscópicas.

4.2.1. Mitigaciones Operacionales

Estas mitigaciones operacionales se clasifican como no-cooperativas ya que una vez implementadas, los operarios de drones realizarán las acciones pertinentes independientemente del comportamiento de las otras aeronaves.

Estas soluciones presentadas se decidieron de implementar con la finalidad de reducir el riesgo de colisionar con aeronaves, ultraligeros, helicópteros, globos y otras aeronaves de carácter deportivo en cualquier escenario y así planificar la operación con aeronaves no tripuladas sin que se establezca ninguna interferencia inesperada.

En primer lugar, una vez conocida la nueva regulación del uso de drones en el espacio aéreo no controlado, se estableció que **la consulta y publicación de NOTAMs** sería interesante de tener en cuenta para los vuelos de las aeronaves no tripuladas aunque la normativa no obligase a ello. Consultando con muchos expertos, la publicación de NOTAMs en cierto lugar y tiempo de un vuelo programado con drones alertaría a muchos pilotos que planearían volar a su alrededor, para más información consultar en la sección 4.1.1.

La **consulta de la meteorología** también es interesante, primero por si el vuelo con drones les será beneficioso o no, por si se cumple con los requisitos de vuelo VFR y VMC y, por último, según qué situación meteorológica muchos obstáculos aéreos móviles no aparecen por su riesgo a volar con malas condiciones como por ejemplo el vuelo con aerostatos. Para más información consultar en la sección 4.1.2.

Finalmente, el **vuelo a una altura máxima de 400ft (120m)** mitigará el riesgo de colisionar con muchos tipos de aeronaves. Esta imposición se podría decir que es ya obligatoria por parte de la regulación vigente del uso de drones (ver 2.1.3). Para más información consultar en la sección 4.1.4.

4.2.2. Mitigación Instrumental

La única solución que es de tipo cooperativo, es la implementación de la radio aeronáutica en la estación tierra, tal y como se comentó en la sección 4.1.6. Es decir, es una solución que dependerá de la cooperación con la otra aeronave en riesgo de colisionar. Si está realizando un vuelo sin radio aeronáutica, se deberá esperar a que las soluciones no-cooperativas presentadas, desarrollen el papel fundamental para reducir el riesgo de colisión.

Esta mitigación instrumental se planteó para afrontar la colisión con aeronaves, helicópteros, globos, para-motores, ultraligeros, planeadores y parapentes para cualquier escenario operacional (consultar anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones).

En la sección 3.2 de este documento, se determinó que el peligro más presente y severo en todos los escenarios era el helicóptero debido a su gran utilidad en los servicios a la ciudadanía, desde la búsqueda y salvamento hasta la lucha contra incendios, transporte de enfermos de un centro hospitalario a otro, la vigilancia aérea, etc. Es por este motivo que, de los dos sistemas instrumentales planteados en la sección 4.1, la radio aeronáutica sería un sistema más económico y rápido de implementar en la operativa de HEMAV para afrontar el peligro de colisión con un helicóptero, en vez de recurrir a la solución del transpondedor, que se dejaría como una implementación futura.

4.2.2.1. Operación

Como se comentó en la sección 4.1.6, una vez que el piloto de la aeronave no tripulada detecte que un obstáculo inesperado se está acercando hacia la zona de operación, será el momento para contactar con el piloto, informando de los parámetros de vuelo del RPA (su altitud de vuelo, rumbo, velocidad y posición). Sólo se mitigarán aquellos riesgos de colisión con aeronaves que lleven radio y el centro de control pueda contactar para informarles de la presencia de un RPA en sus proximidades.

Todas las frecuencias de la UIR, FIR y TMA del espacio aéreo español que se deberán tener en cuenta, son las publicadas en el AIP de AENA [36].

4.2.2.2. Opciones de mercado

En esta sección se presentan varios tipos de radios aeronáuticas útiles para dicho propósito. [39] Como se comentó, estas emisoras deberían estar instaladas en la estación tierra siendo operadas por el piloto del RPA con la finalidad de evitar posibles colisiones.

Tabla 4.1 Emisora YAESU FT-817 ND

Emisoras HF/VHF/UHF	
<p>1. YAESU FT-817 ND Mini todo modo HF/VHF/UHF</p>	<p>Características y especificaciones</p> <p>Precio: 645€</p> <p>Peso: 900g</p> <p>Rango RX: 110-30 MHz / 50-54 MHz / 76-108 MHz (sólo W-FM) / 87.5-108 MHz(EU) 108-154 MHz (U.S.A) / 144-148 (146) MHz (otros mercados) / 430 (420)-450 (440) MHz. Rango</p> <p>Rango TX: 160-6 m. 2 m / 70 cm (sólo bandas Amateur). 5.1675 Mhz (canal emergencia Alasca, versión U.S.A).</p> <p>Dimensiones: (135 x 38 x 165 mm).</p> <p>Diseño multimodo: SSB, CW, AM, FM, FM-Wide (RX), paquete 1200/9600 bps, Digital (incluyendo PSK-31U y PSK-31L).</p> <p>Potencia de salida: 5W (selección de 0.5/1.0/2.5/5 W).</p> <p>208 canales de memorias</p> <p>Web: http://www.radiocenter.es/contents/es-mx/p923.html</p>
 <p>Fig. 4.9 Emisora YAESU FT-817</p>	

Tabla 4.2 Emisora FTA-750L YAESU NAV-COM GPS

Emisoras HF/VHF/UHF	
<p>2. FTA-750L YAESU NAV-COM Aviation Transceiver-GPS</p>	<p>Características y especificaciones</p> <p>Precio: 455€</p> <p>Peso: 410g</p> <p>TX 118.000-136.975 MHz (banda COM), RX 108.000-117.975 MHz (banda NAV), RX 118.000-136.975 MHz (banda COM).</p> <p>Potencia de salida TX de 5 vatios</p> <p>Enorme display 1,7 "x 1.7" completo Dot Matrix (160 x 160 puntos)</p> <p>Receptor 66 canales WAAS GPS integrado Navegación GPS Waypoint</p> <p>Registro de la posición GPS</p> <p>200 canales de memoria</p> <p>Audio (altavoz de 800 mW)</p> <p>Alta capacidad de batería de litio Ion (Li-Ion) (1800 mAh)</p> <p>Espaciamiento de canal 25 y 8,33 kHz</p> <p>Web: http://www.radiocenter.es/contents/es-mx/p3563_FTA-750L_YAESU_NAV-COM_aviation_transceiver_con_GPS_.html</p>
	
<p>Fig. 4.10 Emisora FTA-750L YAESU</p>	

Tabla 4.3 Emisora FTA-550L YAESU NAV-COM

Emisoras HF/VHF/UHF	
<p>3. FTA-550L YAESU NAV-COM Aviation Transceiver</p>	<p>Características y especificaciones</p> <p>Precio: 359€</p> <p>Peso: 410g</p> <p>TX 118.000-136.975 MHz (banda COM), RX 108.000-117.975 MHz (banda NAV), RX 118.000-136.975 MHz (banda COM).</p> <p>Potencia de salida TX de 5 Vatios (Airband: tipo AM 5W P.E.P. 1.5W carrier)</p> <p>Enorme pantalla 1,7 "x 1.7" display Dot Matrix (160 x 160 puntos)</p> <p>200 canales de memoria</p> <p>Audio (altavoz de 800 mW)</p> <p>Batería de Alta capacidad de litio Ion (Li-Ion) (1800 mAh)</p> <p>Espaciamiento de canal 25 y 8,33 kHz</p> <p>Web: http://www.radiocenter.es/contents/es-mx/p3562_FTA-550L_YAESU_NAV-COM_Aviation_Transceiver.html</p>
	
<p>Fig. 4.11 Emisora FTA-550L YEASU</p>	

Tabla 4.4 Emisora ICOM IC-A24

Emisoras HF/VHF/UHF	
4. ICOM IC-A24	<p>Características y especificaciones</p> <p>Precio: 363€</p> <p>Peso: 180g (sin antena ni batería)</p> <p>TX 118.000 a 136.975 RX 108.000 a 136.975 Salto de canal: 25KHz</p> <p>Numero de memorias: 200 (20CH x 10bancos)</p> <p>Batería NI-MH 1650mAh BP-210N Alimentación a 10V DC</p> <p>Dimensiones: 54x129.3x35.5mm</p> <p>Potencia antena: 5W (PEP) típico</p> <p>Relación ruido/zumbido: 35dB</p> <p>Web: http://www.radiocenter.es/contents/es-mx/p1312.html</p>
	<p>Fig. 4.12 Emisora ICOM IC-A24</p>

Para terminar, se presenta la tabla 4.5 donde se muestran las diferentes radios aeronáuticas propuestas y sus principales características. Se ha remarcado la opción recomendada por el autor.

Tabla 4.5 Resumen de las radios aeronáuticas

Emisoras HF/VHF/UHF	Precio	Peso	Canales de memoria	Batería	GPS	Altavoz
YAESU FT-817 ND Mini	645€	900g	208	-	-	-
FTA-750L YAESU NAV-COM GPS	455€	410g	200	Li-ion 1800mAh	Si	800mW
FTA-550L YAESU NAV-COM	359€	410g	200	Li-ion 1800mAh	-	800mW
ICOM IC-A24	363€	180g	200	NI-MH 1650mAh	-	-

4.2.3. Mitigación Visual

Por último, se presenta otra solución de carácter no-cooperativo. El uso de un instrumento visual que ayude a la detección de aeronaves no tripuladas a los pilotos que estén volando cerca de ellas. En la sección 4.1.7, se planteó el uso de luces estroboscópicas rojas y blancas para alertar a los pilotos de que en cierto espacio está operando una aeronave. El hecho de alertar a los pilotos hará que estos realicen una operación para evitar la colisión con la aeronave que detecten.

Esta mitigación visual se planteó para afrontar todas las posibles colisiones con aeronaves que no llevasen instrumentos equipados como los ultraligeros, planeadores, ala deltas, parapentes, para-motores y aerostatos para cualquier escenario operacional (consultar anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones). Como se comentó en la sección 3.2 de este documento, se determinó que el peligro más presente y severo en todos los escenarios era la colisión con los helicópteros debido a su gran presencia en todos los escenarios. El uso de la radio aeronáutica reduciría el grado de criticidad de este caso y las luces estroboscópicas se plantean para afrontar los casos en que la radio estuviera inactiva o ausente y, además, se tratara de un riesgo inesperado cuyo planteamiento operacional no se hubiera contemplado.

Como se comentó en la sección 4.1.7, se utilizarían dos colores de luces estroboscópicas. El blanco que indicaría que la aeronave sigue el mismo rumbo que el piloto que lo detecte (instaladas a la parte trasera del RPA) y las rojas, que indicarían que la aeronave no tripulada se está acercando (instaladas en la parte delantera del RPA). A continuación se presenta una ilustración (Fig. 4.13) sobre lo que se ha descrito:

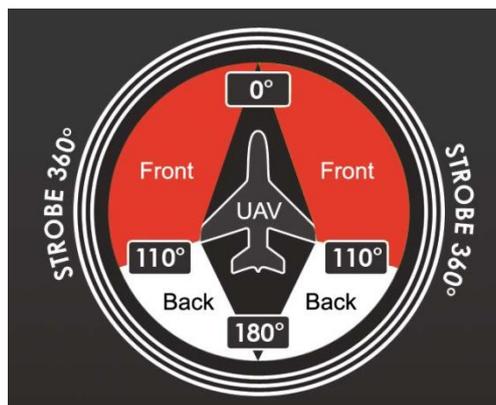


Fig. 4.13 Esquema de iluminación del RPA

Se buscará un sistema de iluminación que su consumo sea muy bajo para que no altere negativamente la autonomía del RPA, además de ser un sistema económico y fácil de implementar en la flota de drones de HEMAV.

A continuación se presentan ejemplos de luces estroboscópicas que podrían ir instaladas en el RPA por su bajo precio y consumo. [40]

Tabla 4.6 Luces estroboscópicas - RED strobon navigation XL

Luces estroboscópicas	
1. Strobon XL Navigation Strobe (RED)	Características y especificaciones
 <p>Fig. 4.14 Strobon XL RED</p>	Precio: 9.66€ Peso: 3.3g (sin cables) Consumo: 5mAh (inactivo) - 80mAh Dimensiones: 51x18x7mm Voltaje: 5-6V (sugerencia 3ª UBEC y 2S Li-Po) Web: http://flytron.com/light-systems/185-strobon-xl-navigation-strobe-red.html

Tabla 4.7 Luces estroboscópicas - WHITE strobon navigation

Luces estroboscópicas	
2. Strobon Navigation Strobe (WHITE)	Características y especificaciones
 <p>Fig. 4.15 Strobon WHITE</p>	Precio: 5.21€ Peso: 1.5g (sin cables) Consumo: 50mAh (1A pulso en 2x20ms) Dimensiones: 5x20x23mm Voltaje: 3-6V Destellos por segundo: 2x20ms pulsos Web: http://flytron.com/light-systems/99-strobon-navigation-strobe-light.html

5. CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones y recomendaciones

Como se comentó en la introducción del trabajo, son muchos los beneficios que aporta el servicio de las aeronaves no tripuladas en el ámbito civil. Este proyecto nace de la necesidad de analizar y tratar de mitigar los riesgos relacionados con la colisión en vuelo entre una aeronave no tripulada y un obstáculo aéreo móvil. El actual marco temporal regulatorio sobre el uso de los drones en el espacio aéreo español justifica además la necesidad de este proyecto debido a la poca restricción y regulación en el ámbito de la seguridad.

Con la finalidad de ver cumplidos todos los objetivos iniciales, se planteó un plan de tareas y una metodología para el desarrollo de este trabajo. La identificación de los peligros en vuelo, la definición de los escenarios operacionales, el estudio del actual marco regulatorio del uso de drones y las consultas de expertos de la navegación aérea han hecho posible obtener un primer enfoque sobre los riesgos potencialmente peligrosos para la seguridad operacional de las aeronaves en vuelo. Para reducir el grado de criticidad de dicho riesgo, se plantaron varias alternativas recomendadas por los expertos entrevistados (consultar anexo C – actas de las entrevistas a expertos). Las soluciones propuestas se pueden consultar en la sección 4.1 y en el anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones.

La ejecución de este proyecto ha contribuido a un avance significativo en la buena planificación de las operaciones para la reducción del riesgo de colisión con obstáculos para aeronaves no tripuladas. Incrementando la seguridad operacional de la flota de drones de HEMAV en cualquier escenario. Se ha desarrollado una metodología operacional donde el “Collision Avoidance” recae en la buena planificación de la misión a realizar con las aeronaves no tripuladas. Por este motivo, se han planteado soluciones económicas y viables para la implementación inmediata en la operativa de una empresa emergente y joven de RPAs como es HEMAV.

Finalmente, se plantean una serie de recomendaciones por parte del autor del proyecto.

De acuerdo con las reuniones con los operarios de la flota de drones de HEMAV, presentando las soluciones recomendadas por los expertos del campo de la aviación para reducir el riesgo a la colisión, se opta por las más viables, económicas e inmediatas de implementar según los criterios técnicos y de recursos en la operativa de HEMAV. Todas aquellas soluciones que no se integrarán de inmediato, se dejarán para un trabajo futuro.

I. Mitigaciones Operacionales (no-cooperativas)

- a. Implementación en la planificación de la operación de aeronaves no tripuladas en la consulta y la publicación de NOTAMs mediante el portal web Ícaro de AENA.

- b. Implementación en la planificación de la operación de aeronaves no tripuladas en la consulta de la Meteorología mediante el portal web de AEMET.
- c. Realización de la operación con aeronaves no tripuladas a una altura máxima de vuelo 400ft.

II. Mitigación Instrumental (cooperativa)

- a. Implementación de la radio aeronáutica en la estación de control tierra para las continuas comunicaciones con cualquier aeronave cercana al RPA.

III. Mitigación Visual (no-cooperativa)

- a. Uso de luces estroboscópicas rojas y blancas para el soporte a la detección visual en condiciones VMC desfavorables de las aeronaves que operen cerca del RPA.

Finalmente, mediante los siguientes gráficos de las figuras Fig. 5.1, Fig. 5.2 y Fig. 5.3 podemos ver la reducción de criticidad que supondría en cada riesgo una vez establecido las mitigaciones correspondientes hasta situarse por debajo del umbral aceptado (nivel por debajo de 10), a excepción del helicóptero que para situarse por debajo del umbral aceptado se requeriría un estudio más detallado (para más información consultar anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones).

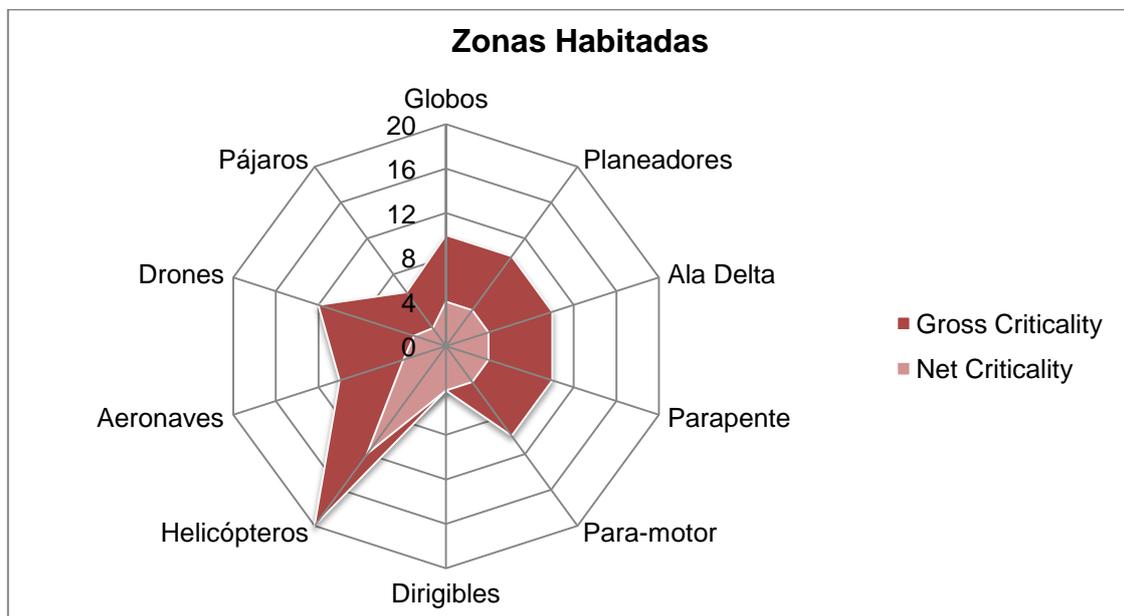


Fig. 5.1 Reducción del nivel de criticidad en zonas habitadas

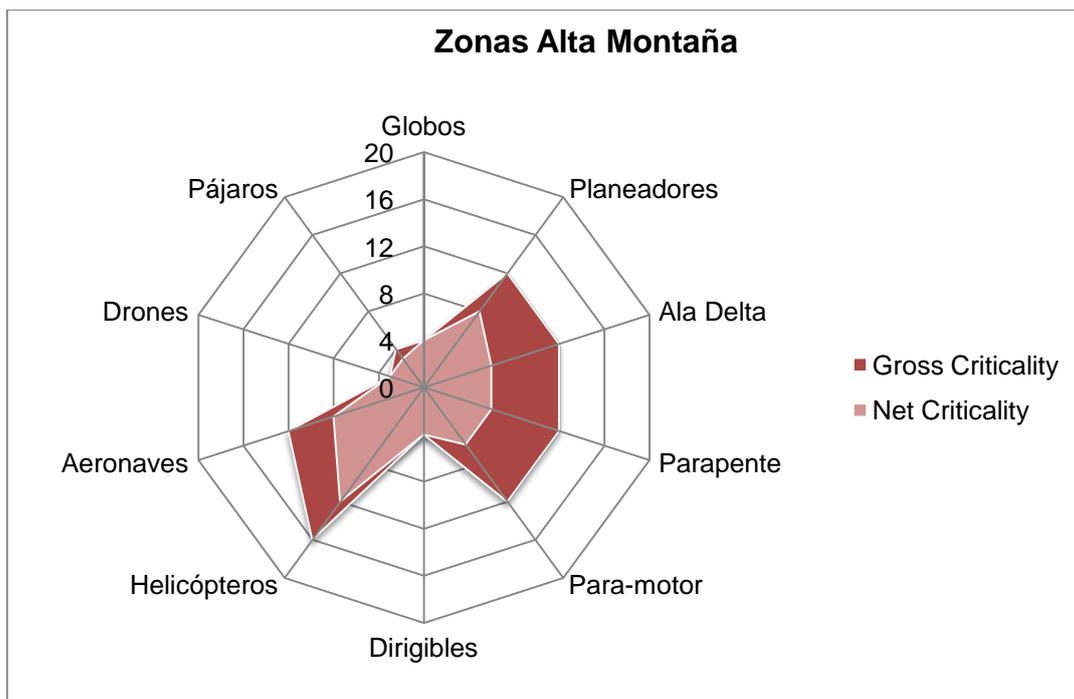


Fig. 5.2 Reducción del nivel de criticidad en zonas de alta montaña

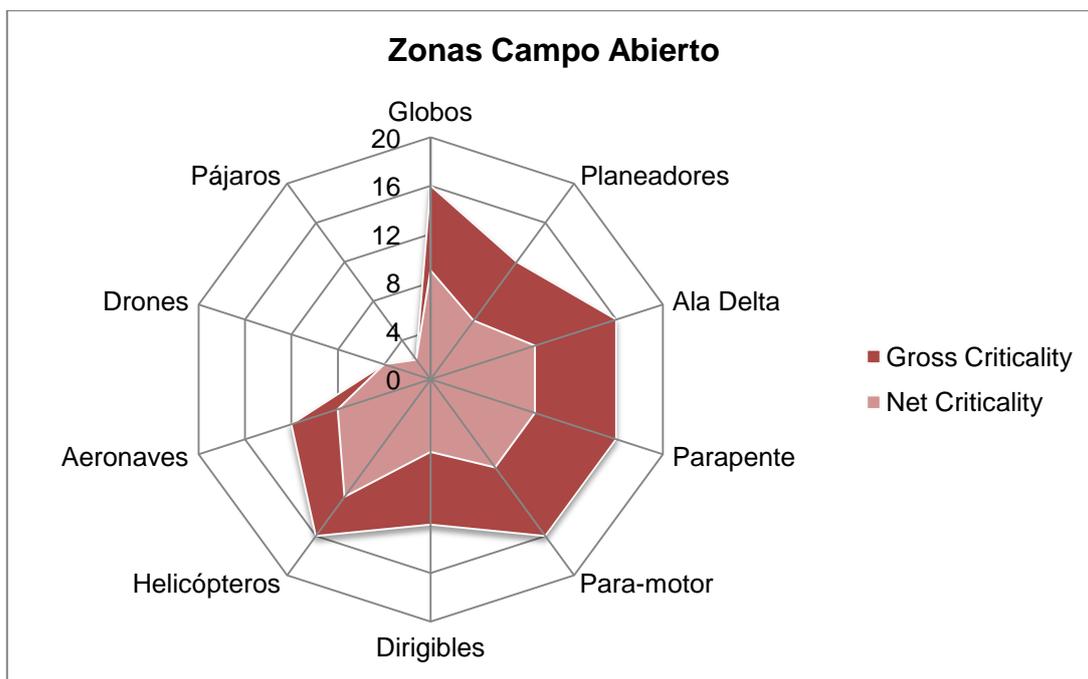


Fig. 5.3 Reducción del nivel de criticidad en zonas de campo abierto

5.2. Impacto ambiental, económico y social

El impacto medioambiental que supone el desarrollo de este proyecto no es para nada poco relevante. El simple hecho de volar en el mismo ambiente que las aves, incrementa la posibilidad de colisionar entre dron y ave. Tal y como se explicó en su momento, el experto en ornitología Bernat Claramunt, comentó la baja probabilidad de colisionar con ellas a menos que se esté operando cerca de su hábitat y época de cría. Este proyecto contempla la idea de identificar las zonas naturales con más aves en cría para reducir el impacto medioambiental de las operaciones de drones de HEMAV.

En segundo lugar, muchas de las soluciones descritas no tienen ningún impacto económico ya que su desarrollo es simplemente planificar la operación de la aeronave no tripulada. Aunque por otro lado, tenemos las soluciones como la implementación del transpondedor, la radio aeronáutica y las luces estroboscópicas que sí tienen implicación económica.

Finalmente, al tratarse de un proyecto cuya finalidad principal es velar por la seguridad de las personas en las operaciones de RPAs, el impacto social es positivo. Como se comentó en todas las entrevistas con expertos del campo de la aviación, los RPAs son los nuevos vecinos de todas las aeronaves ya presentes cuya regulación está más que estudiada. En cambio, todos ellos comentaron que los RPAs podrían ser bastante peligrosos si no se impusiera ninguna normativa y ningún estudio para la seguridad operacional.

HEMAV ha apostado por un proyecto que mejore su buena planificación en las operaciones de su flota de drones consiguiendo aspectos positivos como preservar el ecosistema de las aves, ser un proyecto rentable y viable económicamente e incrementando la seguridad de las personas.

5.3. Trabajo futuro

Este apartado se reserva para plantear una serie de tareas y trabajos futuros que seguirían en la línea de los objetivos de este proyecto, es decir, contribuir en la buena planificación de las operaciones para la reducción del riesgo a la colisión de obstáculos para RPAs. Incrementando la seguridad operacional de estos y desarrollando soluciones económicas y viables en la operativa de una empresa emergente como es HEMAV, en el servicio al ciudadano mediante la tecnología de los RPAs.

De la misma manera que se plantearon las soluciones a implementar, el autor recomienda la realización de los siguientes proyectos en un futuro próximo para el continuo desarrollo tecnológico y profesional de la flota de drones de HEMAV y su seguridad operacional.

I. Mitigaciones Operacionales (no-cooperativas)

- a. Consultar antes de cada operación el Mapa 1¹⁷ (que contendrá CTR, aeródromos, zonas de saltos en paracaídas, zonas de globos, helipuertos) y Mapa 2¹⁸ (que contendrá áreas sombreadas indicando los escenarios definidos en la sección 3.1 y parques naturales, donde pueda haber conflicto importante con aves).
 - i. Los mapas topográficos podrían tratarse de mapas impresos o de carácter digital este último con la ventaja de actualizarse fácilmente.
 - ii. Incluir toda esta información recopilada de aeródromos, zonas de saltos con paracaídas, zonas sombreadas de escenarios con probabilidades de colisión con ciertos riesgos, parques naturales y hábitat de aves... en el software Mission Planner, para la mejora de la definición de misiones y el incremento de la seguridad.
 - iii. Aplicar las medidas correspondientes, dependiendo del escenario que se vaya a operar. (consultar en el anexo B – tablas de riesgos y mitigaciones)

II. Mitigación Instrumental (cooperativa)

- a. Implementación del transpondedor (consultar sección 4.1.5).

¹⁷ Para más información, consultar sección 4.1.3.

¹⁸ Para más información, consultar sección 4.1.3.

5.4. Lecciones Personales

Para concluir con el trabajo, es importante destacar los puntos positivos sobre el proyecto desarrollado y la experiencia profesional que ha adquirido el autor. En esta sección se expondrán las experiencias y aprendizajes del autor durante los meses de desarrollo del proyecto formando parte de una de las mejores empresas jóvenes de aeronaves no tripuladas, HEMAV, en el departamento de seguridad operacional.

El buen ambiente y el cualificado equipo profesional de la empresa que ayudan en todo momento, facilitan la adquisición de experiencia personal. El formar parte de un equipo profesional te ayuda a aprender de forma rápida en la gestión del tiempo, a tomar ciertas decisiones importantes y dejando claro las prioridades en la realización de tareas. Además, sin una comunicación activa entre los diferentes integrantes del equipo no hubiera sido posible la conclusión de este proyecto.

Sin embargo, además del aprendizaje de habilidades personales, también se han desarrollado conocimientos interesantes desde la importancia de la seguridad aérea hasta el estudio de las aeronaves no tripuladas y pilotadas por control remoto que recientemente están emergiendo para el servicio ciudadano. Remarcar que, sin los continuos encuentros con expertos en el campo de la aviación, y gracias a sus experiencias personales y profesionales, este conocimiento adquirido por el autor y la realización del trabajo no hubieran sido posible.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Intelligence Dynamics – Aplicaciones y usos (Junio 2014)
<http://www.iuavs.com/pages/aplicaciones_y_usos>
- [2] Princeton – Unmanned Aerial Vehicle (Junio 2014)
<https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Unmanned_aerial_vehicle.html>
- [3] HEMAV – Empresa catalana de drones (Agosto 2014)
<<http://hemav.com/>>
- [4] International Civil Aviation Organization – ICAO Anexos (Marzo 2014)
<<http://www.icao.int/safety/ism/ICAO%20Annexes/Forms/AllItems.aspx>>
- [5] Civil Aviation Authority of New Zeland – ICAO Standards and Recommended Practices (Marzo 2014)
<http://www.caa.govt.nz/ICAO/ICAO_Compliance.htm>
- [6] AENA – Reglamento de Circulación Aérea (Marzo 2014)
<<http://spica.org.es/rca/inc/rca.html>>
- [7] AESA – Marco regulatorio para las operaciones con drones (Agosto 2014)
<http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/cias_empresas/trabajos/marco_drones/default.aspx>
- [8] Boletín Oficial del Estado – Marco regulatorio para las operaciones con drones (Agosto 2014)
<http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4243006/rdl_8_2014_4julio.pdf>
- [9] Wikipedia General Encyclopedia – Globo Aerostático (Abril 2014)
<http://es.wikipedia.org/wiki/Globo_aerost%C3%A1tico>
- [10] Wikipedia General Encyclopedia – Dirigible (Abril 2014)
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Dirigible>>
- [11] Wikipedia General Encyclopedia – Helicóptero (Abril 2014)
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Helic%C3%B3ptero>>
- [12] AeroQuad – Imagen quadcopter (Abril 2014)
<<http://aeroquad.com/content.php>>
- [13] Flight Simulator Aircraft Catalog – Imagen Cessna 152 (Abril 2014)
<<http://fsaircraft.net/cessna/152>>
- [14] Wikipedia General Encyclopedia – MQ-1 Predator (Abril 2014)
<http://es.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-1_Predator>
- [15] Wikipedia General Encyclopedia – Paragliding (Abril 2014)
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Paragliding>>

- [16] Wikipedia General Encyclopedia – Paramotor (Abril 2014)
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Paramotor>>
- [17] Wikipedia General Encyclopedia – Hang gliding (Abril 2014)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Hang_gliding>
- [18] Wikipedia General Encyclopedia – Planeador (Abril 2014)
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Planeador>>
- [19] Wikipedia General Encyclopedia – Imagen de aves (Abril 2014)
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Bandada>>
- [20] AENA – Servicio de Información Aeronáutica (AIS) (Marzo 2014)
<<http://www.aena.es/csee/Satellite/navegacion-aerea/es/Page/1078418725020/>>
- [21] Wikipedia General Encyclopedia – Imagen “Vall de Núria” (Abril 2014)
<http://es.wikipedia.org/wiki/Valle_de_Nuria>
- [22] Vinyes del Penedès – Imagen paisaje campo abierto (Abril 2014)
<http://vinyesdelpenedes.blogspot.com.es/2011_06_01_archive.html>
- [23] Wikipedia General Encyclopedia – Hazard analysis (Mayo 2014)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Hazard_analysis>
- [24] Wikipedia General Encyclopedia – NOTAM (Mayo 2014)
<<http://en.wikipedia.org/wiki/NOTAM>>
- [25] AENA, Ícaro – Boletín de información previa al vuelo (Mayo 2014)
<<http://notampib.aena.es/icaro>>
- [26] AENA, ícaro – Instrucciones del usuario (Mayo 2014)
<http://www.aena.es/csee/ccurl/56/372/SGAMU1644.200_Instrucciones_usuario_ICARONET_NOV2010.pdf>
- [27] AENA, Ícaro – Descripción del sistema ICARO (Mayo 2014)
<<http://www.aena.es/csee/Satellite/navegacion-aerea/es/Page/1043829981353/>>
- [28] AEMET – Autoservicio meteorológico aeronáutico (Mayo 2014)
<<http://ama.aemet.es/>>
- [29] Wikipedia General Encyclopedia – Transpondedor (Junio 2014)
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Transpondedor>>
- [30] Wikipedia General Encyclopedia – Transponder (Junio 2014)
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Transponder_\(aeronautics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Transponder_(aeronautics))>

- [31] Wikipedia General Encyclopedia – Transponder interrogation modes (Junio 2014)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Aviation_transponder_interrogation_modes>
- [32] AEA – All About Mode S Transponders (Junio 2014)
<<https://www.aea.net/AvionicsNews/ANArchives/April05ModeS.pdf>>
- [33] Sagetech_{TM} – XP Family of Transponders (Junio 2014)
<<https://www.sagetechcorp.com/client/Transponder%20Brochure2014.pdf>>
- [34] Wikipedia General Encyclopedia – Radio spectrum (Julio 2014)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum>
- [35] AENA – Servicio de Información Aeronáutica (AIS), ENR 2 (Julio 2014)
<<http://www.aena.es/csee/Satellite/navegacion-aerea/es/Page/1078418725153/?other=1083158950494#ancla3>>
- [36] Federal Aviation Administration – Code of Federal Regulations (Julio 2014)
<http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgFAR.nsf/0/460D019A348B98DF8525668700728C0B>
- [37] Aerospace web – Aircraft lights and beacons (Agosto 2014)
<<http://www.aerospaceweb.org/question/electronics/q0263.shtml>>
- [38] InfoUAS – Unmanned Aerial Systems (Agosto 2014)
<<http://www.infouas.com/que-donde-quien-y-con-que-cuando-y-como-resumen-de-la-nueva-normativa-de-uav/>>
- [39] Radio Center – Emisoras VHF (Agosto 2014)
<<http://www.radiocenter.es/index.html>>
- [40] Flytron – Lights systems (Agosto 2014)
<<http://flytron.com/12-light-systems>>

FIN DEL DOCUMENTO



Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i
Aeroespacial de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



ANEXOS

TÍTULO DEL TFC/PFC: Desarrollo de un soporte a la planificación de operación para la reducción del riesgo a la colisión de obstáculos para aeronaves no tripuladas

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Aeronavegación

AUTOR: Aleix Ripoll Ruiz

DIRECTOR: Carlos Ferraz

SUPERVISOR: Jordi Mateu Mateu

FECHA: 2 de septiembre de 2014

Intencionalmente en blanco

ÍNDICE

ANEXO A – LEGISLACIÓN.....	1
A.1 Legislación	1
A.1.1 ICAO Anexo 11- Servicios del tráfico aéreo	1
A.1.2 Regulación de AENA	2
A.1.3 Comunicado: El uso de los drones en España (7 de Abril de 2014)	7
A.1.4 Comunicado: El uso de los drones en España BOE (5 de Julio de 2014).....	9
ANEXO B – TABLAS DE RIESGOS Y MITIGACIONES.....	12
B.1 Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos	13
B.2 Operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas	15
B.3 Operaciones en alta montaña	35
B.4 Operaciones en campo abierto	51
ANEXO C – ACTAS DE LAS ENTREVISTAS A EXPERTOS.....	70
C.1 Acta de la reunión con Guillem Noya.....	71
C.2 Acta de la reunión con Bernat Claramunt (I)	74
C.3 Acta de la reunión con Bernat Claramunt (II)	77
C.4 Acta de la reunión con Guadalupe Cortés.....	80
C.5 Acta de la reunión con Daniel Cruz	81
C.6 Acta de la reunión con Jordi Gelabert	83
C.7 Acta de la reunión con Gil Sala.....	86
C.8 Acta de la reunión con Xavi Silva	88
C.9 Acta de la reunión con Oriol Fernández	90
C.10 Acta de la reunión con Delfí López.....	93

Lista de tablas

Tabla 1. Requisitos para los vuelos dentro de cada clase de espacio aéreo [6]	4
Tabla 2. Condiciones de visibilidad y distancia de nubes de vuelos VFR [6]	6
Tabla 3. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos	13
Tabla 4. Análisis del “Net Criticality” en operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos	14
Tabla 5. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas	15
Tabla 6. Análisis del “Net Criticality” en operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas	16
Tabla 7. RH7 - Colisión con helicóptero en zonas habitadas - GC Muy Alto	17
Tabla 8. RH9 - Colisión con drones en zonas habitadas - GC Muy Alto	19
Tabla 9. RH5 - Colisión con para-motor en zonas habitadas - GC Muy Alto	21
Tabla 10. RH8 - Colisión con aeronave en zonas habitadas - GC Muy Alto	23
Tabla 11. RH1 - Colisión con globo en zonas habitadas - GC Muy Alto	25
Tabla 12. RH2 - Colisión con planeador en zonas habitadas - GC Muy Alto	27
Tabla 13. RH3 - Colisión con ala delta en zonas habitadas - GC Muy Alto	29
Tabla 14. RH4 - Colisión con parapente en zonas habitadas - GC Muy Alto	31
Tabla 15. RH10 - Colisión con pájaros en zonas habitadas - GC Medio- Alto	33
Tabla 16. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones en alta montaña	35
Tabla 17. Análisis del “Net Criticality” en operaciones en alta montaña	36
Tabla 18. RM7 - Colisión con helicóptero en zonas de alta montaña - GC Muy Alto	37
Tabla 19. RM2 - Colisión con planeador en zonas de alta montaña - GC Medio-Alto	39
Tabla 20. RM3 - Colisión con ala delta en zonas de alta montaña - GC Muy Alto	41
Tabla 21. RM4 - Colisión con parapente en zonas de alta montaña - GC Muy Alto	43
Tabla 22. RM5 - Colisión con para-motor en zonas de alta montaña - GC Muy Alto	45
Tabla 23. RM8 - Colisión con aeronave en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	47
Tabla 24. RM10 - Colisión con pájaros en zonas de alta montaña - GC Medio-Alto	49
Tabla 25. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones en campo abierto	51
Tabla 26. Análisis del “Net Criticality” en operaciones en campo abierto	52
Tabla 27. RC1 - Colisión con globo en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	53
Tabla 28. RC3 - Colisión con ala delta en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	55
Tabla 29. RC4 - Colisión con parapente en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	57
Tabla 30. RC5 - Colisión con para-motor en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	59
Tabla 31. RC7 - Colisión con helicóptero en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	61
Tabla 32. RC2 - Colisión con planeador en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	63

Tabla 33. RC6 - Colisión con dirigible en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	65
Tabla 34. RC8 - Colisión con aeronave en zonas en campo abierto- GC Muy Alto	67

Intencionalmente en blanco

Anexo A – Legislación

En esta sección, se definen los principales peligros en el espacio aéreo donde la flota de aeronaves no tripuladas de HEMAV operará. Como se comentó en la sección 1.2, la empresa HEMAV ofrece variedad de servicios a la ciudadanía como la agricultura de precisión o también la inspección de la red eléctrica. Las aeronaves no tripuladas pueden ofrecer una cantidad de servicios importantes, sobretodo se están aplicando a esas tareas donde el riesgo de poner una tripulación en vuelo sea peligrosa y costosa, desde la vigilancia del tránsito por carreteras desde el aire hasta el control y extinción de incendios forestales.

En este capítulo se presentará la regulación existente del uso de aeronaves no tripuladas y pilotados por control remoto en el espacio aéreo no controlado español. Además, se identificarán las partes importantes de la legislación vigente de la navegación aérea con la finalidad de identificar los peligros en vuelo que puedan entrar en conflicto con los drones de HEMAV.

A.1 Legislación

En esta sección se pretende identificar los documentos más relevantes en cuanto a la normativa de la navegación aérea en el espacio aéreo español.

A.1.1 ICAO Anexo 11- Servicios del tráfico aéreo

ICAO (“International Civil Aviation Organization”) es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas creada en 1944 por la Convención de Chicago para estudiar los problemas de la aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial. Se redactaron unos anexos técnicos de carácter de norma y otros de mínimo obligado cumplimiento para todos los estados firmantes de la organización. Los anexos de ICAO recogen prácticamente todos los aspectos del transporte aéreo y tratan sobre cuestiones técnicas fundamentales para su normalización y regulación.

En el anexo 11 de la ICAO [4] se define el espacio aéreo en varias clases en términos de las reglas de vuelo y las interacciones entre la aeronave y Control de Tráfico Aéreo (ATC). En dichos espacios aéreos se establece la responsabilidad de evitar la colisión entre aeronaves. Algunos conceptos clave son la separación, la información de tráfico y reglas de vuelo (VFR o IFR).

ICAO adoptó las siguientes clasificaciones: Clase A - E se refiere al espacio aéreo como controlado; Clases F y G son espacio aéreo no controlado donde el ATC no ejerce ningún poder ejecutivo en él, aunque puede proporcionar servicios básicos de información a las aeronaves en contacto por radio. Volar en espacio aéreo no controlado típicamente estará bajo VFR. Por lo tanto, es importante saber cuáles son las aeronaves que podrían estar operando en este

nivel de vuelo ya que le interesa a HEMAV tener bajo control en relación a la seguridad de sus operaciones. [4] [5]

A.1.2 Regulación de AENA

Si bien en el Anexo 11 de la ICAO [4] se encuentran las recomendaciones relacionadas a la clasificación del espacio aéreo, en el documento [6] encontraremos detallada la normativa de circulación aérea de AENA. Es decir, como se clasifica el espacio aéreo, alturas mínimas de vuelo visual, condiciones de visibilidad y reglas generales de vuelo visual.

La intención de esta sección no es otorgar a los drones estas mismas reglas sino que se pretende conocer las reglas que rigen a los vecinos de los drones que compartirán el mismo espacio aéreo.

A.1.2.1 Alturas mínimas de vuelo visual

En los vuelos VFR deben cumplir ciertas alturas mínimas a fin de proteger la integridad y seguridad de las personas:

“Excepto cuando sea necesario para despegar o aterrizar, o cuando se tenga autorización de la autoridad competente, los vuelos VFR no se efectuarán sobre aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados, o sobre una reunión de personas al aire libre a una altura menor de 300 m (1000 ft), a menos que se vuele a una altura que permita, en caso de emergencia, efectuar un aterrizaje sin peligro para las personas o la propiedad que se encuentren en la superficie.” [6]

A.1.2.2 Clasificación del espacio aéreo

En esta sección se define la clasificación del espacio aéreo que impone AENA. El espacio aéreo ATS se clasificará y designará de conformidad con lo indicado a continuación: [6]

“Clase A. Solo se permiten vuelos IFR, todos los vuelos están sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y están separados unos de otros.

Clase B. Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y están separados unos de otros.

Clase C. Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y:

- a) *Los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y de los vuelos VFR;*
- b) *Los vuelos VFR están separados de los vuelos IFR y reciben información de tránsito respecto a otros vuelos VFR;*

Clase D. Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos están sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y:

- a) los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y reciben información de tránsito respecto a los vuelos VFR;*
- b) los vuelos VFR reciben información de tránsito respecto a todos los otros vuelos;*

Clase E. Se permiten vuelos IFR y VFR, los vuelos IFR están sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y:

- a) los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y reciben información de tránsito respecto a los vuelos VFR en la medida de lo posible;*
- b) los vuelos VFR reciben información de tránsito respecto a los vuelos IFR en la medida de lo posible;*

Clase F. Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos IFR participantes reciben servicio de asesoramiento de tránsito aéreo y todos los vuelos VFR reciben servicio de información de vuelo, si lo solicitan.

Clase G. Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos reciben servicio de información de vuelo, si lo solicitan.

Los requisitos para los vuelos dentro de cada clase de espacio aéreo serán los indicados en la tabla que figura a continuación:

Tabla 1. Requisitos para los vuelos dentro de cada clase de espacio aéreo [6]

Clase	Tipo de vuelo	Separación proporcionada	Servicios suministrados	Limitaciones de velocidad	Requisitos de radiocomunicación	Sujeto a autorización ATC
A	Solo IFR	Todas las aeronaves	ATC	No se aplica	Continua en ambos sentidos	Si
B	IFR	Todas las aeronaves	ATC	No se aplica	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Todas las aeronaves	ATC	No se aplica	Continua en ambos sentidos	Si
C	IFR	IFR / IFR IFR / VFR	ATC	No se aplica	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	VFR / IFR	1) ATC para separación de IFR 2) Información de tránsito VFR/VFR (y asesoramiento anticollisión a solicitud)	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	Continua en ambos sentidos	Si
D	IFR	IFR / IFR	ATC, incluso información de tránsito sobre vuelos VFR (y asesoramiento anticollisión a solicitud)	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Ninguna	1) ATC y 2) Información de tránsito VFR/VFR y VFR/IFR (y asesoramiento anticollisión a solicitud)	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	Continua en ambos sentidos	Si
E	IFR	IFR / IFR	ATC e información de tránsito sobre vuelos VFR en la medida de lo posible	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	Continua en ambos sentidos	Si
	VFR	Ninguna	Información de tránsito en la medida de lo posible	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	No	No
F	IFR	IFR / IFR	Servicio de asesoramiento de tránsito, servicio de información de vuelo	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	Continua en ambos sentidos	No
	VFR	Ninguna	Servicio de información de vuelo	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	No	No
G	IFR	Ninguna	Servicio de información de vuelo	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	Continua en ambos sentidos	No
	VFR	Ninguna	Servicio de información de vuelo	250 kt IAS por debajo de 3050 m (10.000 ft) AMSL **	No	No

* Cuando la altitud de transición es inferior a 3050 m (10000 ft) AMSL, debería utilizarse el nivel de vuelo 100 en vez de 10000 ft.

** Excepto los vuelos militares en misiones operativas o de defensa aérea, o cuando sus características de actuación no lo permitan

“Ninguna aeronave volará en una zona prohibida, o restringida, cuyos detalles se hayan publicado debidamente, a no ser que se ajuste a las condiciones de las restricciones o que tenga permiso del Estado sobre cuyo territorio se encuentran establecidas dichas zonas.” [6]

A.1.2.3 Reglas de vuelo visual

En dicho documento [6] se hace referencia a métodos para la prevención de colisiones en vuelo sean cuales sean los tipos de aeronaves. En este documento se citaran los métodos para los vuelos VFR en vuelo, estén o no en el espacio aéreo no controlado.

“Es esencial, con objeto de prevenir posibles colisiones, no descuidar la vigilancia a bordo de las aeronaves en vuelo, sea cual fuere el tipo de vuelo o la clase de espacio aéreo en que vuele la aeronave, ni mientras circule en el área de movimiento de un aeródromo.” [6]

Con el fin de evitar la colisión entre aeronaves VFR, se definen ciertas reglas de vuelo que se presentan a continuación:

“La aeronave que tenga el derecho de paso mantendrá su rumbo y velocidad, pero ninguna de estas reglas eximirá al piloto al mando de ella de la obligación de proceder en la forma más eficaz para evitar una colisión, lo que incluye llevar a cabo las maniobras anticolidión necesarias basándose en los avisos de resolución proporcionados por el equipo ACAS.” [6]

“La aeronave que por las reglas siguientes esté obligada a mantenerse fuera de la trayectoria de otra, evitará pasar por encima, por debajo o por delante de ella, a menos que lo haga a suficiente distancia y que tenga en cuenta, en la medida de lo posible, el efecto de la estela turbulenta de la aeronave.” [6]

“Cuando dos aeronaves se aproximen de frente, o casi de frente, y haya peligro de colisión, ambas aeronaves alterarán su rumbo hacia la derecha.” [6]

“Cuando dos aeronaves converjan a un nivel aproximadamente igual, la que tenga a la otra a su derecha cederá el paso, con las siguientes excepciones:

- a) Los aerodinos propulsados mecánicamente cederán el paso a los dirigibles, planeadores y globos.*
- b) Los dirigibles cederán el paso a los planeadores y globos.*
- c) Los planeadores cederán el paso a los globos.*
- d) Las aeronaves propulsadas mecánicamente cederán el paso a las que vayan remolcando a otras o a algún objeto.” [6]*

“Se denomina “aeronave que alcanza” la que se aproxima a otra por detrás, siguiendo una línea que forme un ángulo menor de 70 grados con el plano de simetría de la que va delante, es decir, que está en tal posición con respecto a la otra aeronave que, de noche, no podría ver ninguna de sus luces de navegación a la izquierda (babor) o a la derecha (estribor). Toda aeronave que sea alcanzada por otra tendrá el derecho de paso y la aeronave que la alcance ya sea ascendiendo, descendiendo o en vuelo horizontal, se mantendrá fuera de la trayectoria de la primera, cambiando su rumbo hacia la derecha. Ningún cambio subsiguiente en la posición relativa de ambas aeronaves eximirá de esta obligación a la aeronave que esté alcanzando a la otra, hasta que la haya pasado y dejado atrás por completo.” [6]

“Toda aeronave que esté siendo objeto de actos de interferencia ilícita hará lo posible por notificar a la dependencia ATS pertinente este hecho, toda circunstancia significativa relacionada con el mismo y cualquier desviación del plan de vuelo actualizado que las circunstancias hagan necesaria, a fin de permitir a la dependencia ATS dar prioridad a la aeronave y reducir al mínimo los conflictos de tránsito que puedan surgir con otras aeronaves.” [6]

A.1.2.4 Condiciones de visibilidad

En este apartado se especifican las condiciones de visibilidad en cada clase de espacio aéreo cuando se trata de vuelo VFR. Los vuelos VFR se realizarán de forma que la aeronave vuele en condiciones de visibilidad y de distancia de las nubes que sean iguales o superiores a las indicadas en la tabla siguiente. En el caso de las operaciones de drones en la clase F o G (denominadas como espacio aéreo no controlado) la visibilidad de vuelo debe ser de 5km como mínimo, libre de nubes y con la superficie a la vista. [6]

Tabla 2. Condiciones de visibilidad y distancia de nubes de vuelos VFR [6]

TABLA DE CONDICIONES DE VISIBILIDAD Y DISTANCIA DE NUBES DE VUELOS VFR				
Altitud	Clases de Espacio Aéreo	Visibilidad de vuelo	Distancia de las nubes	
			Horizontal	Vertical
A, o por encima, de FL 100 (*)	B C D E F G	8 km	1.500 m	300 m (1000 ft)
Entre FL 100 y 900 m (3000 ft) AMSL ó 300 m (1000 ft) AGL, de ambos valores el mayor.		5 km		
A, o por debajo, de 900 m (3000 ft) AMSL ó 300 m (1000 ft) AGL, de ambos valores el mayor.	B C D E	5 km (**)	Libre de nubes y con la superficie a la vista.	
	F G			

(*) Cuando la altitud de transición es inferior a 3050 m (10.000 ft) AMSL, se utilizará el FL 100 en vez de 10.000 ft.

(**) Cuando así lo prescriba la autoridad ATS competente:

- a) pueden permitirse visibilidades de vuelo inferiores, hasta 1500 m, para los vuelos que se realicen:
 - 1) a velocidades que en las condiciones de visibilidad predominantes den oportunidad adecuada para observar el tránsito, o cualquier obstáculo, con tiempo suficiente para evitar una colisión; o
 - 2) en circunstancias en que haya normalmente pocas probabilidades de encontrarse con tránsito, como en áreas de escaso volumen de tránsito y para efectuar trabajos aéreos a poca altura.
- b) Los HELICÓPTEROS pueden estar autorizados a volar con una visibilidad de vuelo inferior a 1500 m si maniobran a una velocidad que dé oportunidad adecuada para observar el tránsito, o cualquier obstáculo, con el tiempo suficiente para evitar una colisión.

A.1.3 Comunicado: El uso de los drones en España (7 de Abril de 2014)

El 7 de Abril de 2014 se presentó un primer comunicado de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) sobre el uso de los drones en España debido a la cantidad de usuarios y empresas que necesitaban una regulación de circulación específica para ellos y así evitar conflictos y posibles incidentes. En el documento, se aclaran las circunstancias y condiciones donde se pueden usar los drones y en cuales no y las consecuencias que tiene hacerlo en este último caso.

En este comunicado se define un dron como:

“Un dron es una aeronave pilotada por control remoto. Así se llamaba tradicionalmente a algunas de estas aeronaves de uso militar y en la actualidad se ha extendido este nombre a todas las aeronaves pilotadas por control remoto, tanto militares como civiles.

Sin embargo, una aeronave pilotada por control remoto técnicamente se considera dron cuando tienen un uso comercial o profesional. Cuando el uso de estas aeronaves tiene exclusivamente un fin deportivo o de recreo, son consideradas Aeromodelos, y se rigen bajo la normativa de éstos.

Hay que subrayar pues que los drones SON AERONAVES. Como tales, están sujetas a la legislación aeronáutica general vigente en España, así como al resto de la normativa aeronáutica.” [7]

Una vez presentada la definición de dron, AESA menciona que en el espacio aéreo español no está y, nunca lo ha estado, permitido el uso de aeronaves pilotadas por control remoto con fines comerciales o profesionales, para realizar actividades consideradas trabajos aéreos, como la fotogrametría, agricultura inteligente, reportajes gráficos de todo tipo, inspección de líneas de alta tensión, ferroviarias, vigilancia de fronteras, detección de incendios forestales, etc. Aunque para uso militar existe una normativa que permite su operación exclusivamente en espacio aéreo segregado).

La realización de trabajos aéreos tal como indican los artículos 150 y 151 de la Ley 48/1960 sobre Navegación, requiere autorización por parte de AESA, y hasta que no esté aprobada la nueva normativa específica que regule el uso de este tipo de aparatos, AESA no puede emitir dichas autorizaciones porque carece de base legal para ello. Por tanto, utilizar drones para la realización de este tipo de trabajos con fines profesionales o comerciales sin autorización es ilegal y está sujeto a la imposición de las correspondientes sanciones. [7]

En el comunicado se hace referencia a la futura nueva normativa que establecerá una clasificación de estas aeronaves, especificando qué categorías quedarán exentas de disponer de matrícula y certificado de aeronavegabilidad y estableciendo los requisitos para la certificación de las que lo requieran, así como para su fabricación, mantenimiento y operación, y para su acceso al espacio aéreo, determinando en particular en que lugares y bajo qué

condiciones podrán volar, y las medidas de seguridad específicas que puedan requerirse en cada uno de esos lugares. [7]

Mientras no se publique, no se pueden utilizar ese tipo de aeronaves para realizar trabajos aéreos. La Agencia puede dar únicamente autorizaciones puntuales para los vuelos requeridos para la certificación de estas aeronaves. Por otro lado, el comunicado clasifica estos tipos de aeronaves como aeromodelos para fines deportivos o de recreo. La actividad del Aeromodelismo la regula la Real Federación Aeronáutica de España y además, cada Comunidad Autónoma y cada Municipio puede tener su regulación sobre esta práctica deportiva o lúdica, aunque siempre deben respetar la legislación aeronáutica general. En este proyecto no se centrará en la práctica de un dron como aeromodelo sino en el ámbito comercial y profesional. Si se requiere más información del uso de drones como aeromodelo puede consultar en [7].

Por último, el comunicado de AESA aclara la confusión sobre la capa de libre circulación o también conocida como el espacio aéreo no controlado que habíamos definido con anterioridad según IACO y AENA. Según AESA, existe una creencia errónea de que en la capa de espacio aéreo que se extiende desde el suelo hasta los 300m (1000ft) se puede volar con drones sin restricciones. La competencia de AESA para garantizar la seguridad del espacio aéreo de las aeronaves que vuelan en el espacio aéreo controlado (a partir de los 500 pies sobre el terreno) también se extiende hasta el suelo. [7]

Como se ha detallado se define el dron como una aeronave y su uso se puede sancionar, por la violación de diferentes preceptos, como puede ser:

- En lo que afecta al uso del espacio aéreo controlado, como la intromisión en la zona de un aeropuerto (como ocurre si infringen estas zonas un ala delta o un parapente)
- Se puede sancionar también por realizar sobrevuelos a ciudades o núcleos urbanos y por volar sin un certificado de aeronavegabilidad o por no estar inscritos en el Registro de Matriculas de aeronaves. [7]

En este proyecto no se centrará en los procedimientos para legalizar un dron en España sino en la seguridad operacional de la flota de HEMAV aunque inicialmente se ha requerido un pequeño enfoque sobre la regulación de los drones en el espacio aéreo español con el fin de definir los peligros presentes en los escenarios del espacio aéreo operativo de la flota de drones de HEMAV. Es por este motivo que a partir de esta sección se considerará que los drones de HEMAV han obtenido el permiso de aeronavegabilidad para ejercer dichos trabajos aéreos legalmente y solo se estudiará la seguridad operacional. [7]

A.1.4 Comunicado: El uso de los drones en España BOE (5 de Julio de 2014)

El 5 de Julio de 2014 se presentó el Boletín Oficial del Estado (BOE) [8] sobre el uso de los drones en España debido a la demanda urgente de una regulación por parte de empresas del sector. En esta sección se presentaran las partes del documento más significativas e interesantes a tener en cuenta para el desarrollo del trabajo.

En el boletín presentado se especifica el Artículo 50 Operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto. Se indica claramente que hasta que no se produzca la entrada en vigor de la disposición reglamentaria, las operaciones de aeronaves civiles pilotadas por control remoto quedaran sujetas a lo establecido en dicho documento. [8]

“Podrán realizarse actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, o, en otro caso, en una zona del espacio aéreo segregada al efecto y siempre en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre con sujeción a los siguientes requisitos:

1. Drones con masa máxima al despegue inferior a 2kg con medios para poder conocer su posición:

- ✓ Operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre.*
- ✓ En espacio aéreo no controlado*
- ✓ Más allá del alcance visual del piloto*
- ✓ Dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control*
- ✓ A una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120m)*
- ✓ Emisión de un NOTAM por el proveedor de servicios de información aeronáutica, a solicitud del operador para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo*

2. Drones con masa máxima al despegue inferior a 25kg

- ✓ Operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre.*
- ✓ En espacio aéreo no controlado*
- ✓ Más allá del alcance visual del piloto (no más allá de 500m)*
- ✓ A una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120m)*

3. Drones con masa máxima al despegue entre 25kg y 150kg y las que excedan de 150kg (para actividades de lucha contra incendios o búsqueda y salvamento):

- ✓ Operar con las condiciones y limitaciones establecidas en certificado de aeronavegabilidad emitido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea*
- ✓ En espacio aéreo no controlado. “ [8]*

Cualquier operación podría desarrollarse de las siguientes maneras:

- VLOS – Línea Visual: 400ft (120m) de altura máxima y 500m desde el operador para aeronaves de hasta 25kg a una distancia superior a 8km de un aeropuerto u aeródromo.
- BVLOS – Más allá de la línea visual: 400ft (120m) de altura sólo para aeronaves de masa inferior a 2kg, con medios para conocer la posición de la aeronave y emisión de NOTAM previo a la operación a una distancia superior a 15km de un aeropuerto u aeródromo si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental. [7]

En el mismo documento se enumeran ciertos aspectos a cumplir para unas operaciones seguras, las más relevantes para este proyecto son:

“3º Que haya realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación u operaciones, en el que se constate que la misma puede realizarse con seguridad. Este estudio, que podrá ser genérico o específico para un área geográfica o tipo de operación determinado, tendrá en cuenta las características básicas de la aeronave o las aeronaves a utilizar y sus equipos y sistemas.

4º que se hayan realizado, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba que resulten necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad.

8º Que se hayan adoptado las medidas adecuadas para proteger a la aeronave de actos de interferencia ilícita durante las operaciones, incluyendo la interferencia deliberada del enlace de radio y establecido los procedimientos necesarios para evitar el acceso de personal no autorizado a la estación de control y a la ubicación de almacenamiento de la aeronave.

9º Que se hayan adoptado las medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes.

10º Que la operación se realice a una distancia mínima de 8 km. respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo o, para el caso de vuelos encuadrados en el apartado 1., si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental, a una distancia mínima de 15 km. de su punto de referencia. En otro caso y para los supuestos contemplados en este número, que se hayan establecido los oportunos mecanismos de coordinación con dichos aeródromos o aeropuertos. La coordinación realizada deberá documentarse, estando obligado el operador a conservarla a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.” [8]

Finalmente, se modifican ciertas definiciones sobre Navegación Aérea de la Ley 48/1960, de 21 de Julio:

“Artículo 11.

Se entiende por aeronave:

- a) Toda construcción apta para el transporte de personas o cosas capaz de moverse en la atmósfera merced a las reacciones del aire, sea o no más ligera que éste y tenga o no órganos motopropulsores.*
- b) Cualquier máquina pilotada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.*

Artículo 150.

- a) Las aeronaves de transporte privado de Empresas, las de Escuelas de Aviación, las dedicadas a trabajos técnicos o científicos y las de turismo y las deportivas, quedarán sujetas a las disposiciones de esta Ley, en cuanto les sean aplicables, con las excepciones que a continuación se expresan:*
 - No podrán realizar ningún servicio público de transporte aéreo de personas o de cosas, con o sin remuneración.*
 - Podrán utilizar terrenos diferentes de los aeródromos oficialmente abiertos al tráfico, previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.*
- b) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, cualesquiera que sean las finalidades a las que se destinen excepto las que sean utilizadas exclusivamente con fines recreativos o deportivos, quedarán sujetas asimismo a lo establecido en esta Ley y en sus normas de desarrollo, en cuanto les sean aplicables. Estas aeronaves no estarán obligadas a utilizar infraestructuras aeroportuarias” [8]*

Anexo B – Tablas de Riesgos y mitigaciones

En este anexo se puede identificar cada riesgo definido en la sección 3.2 con sus mitigaciones correspondientes con la finalidad de reducir su grado de criticidad para las operaciones seguras de la flota de aeronaves no tripuladas de HEMAV.

En cada tabla se identifica el riesgo con su ID, se define el escenario de colisión y los objetivos que puedan ser afectados sin un preciso estudio de mitigaciones a la colisión. Además, se hace referencia a la aportación de muchos expertos del campo de la aviación desde pilotos de globos, ala delta, drones hasta ingenieros y controladores aéreos. Podemos consultar las actas de dichas entrevistas en el Anexo C de este mismo documento.

En cada tabla también encontraremos el valor de “Gross Criticality” que se ha designado en cada riesgo con la finalidad de identificar aquellos riesgos potencialmente peligrosos a las operaciones seguras de HEMAV. Los detalles de cómo se ha definido el valor, están descritos en la sección 3.2 y en con más detalle en este anexo.

Una vez estudiadas las causas de que dicha colisión pueda suceder, se definen unos planes de mitigación para cada causa. Por lo que podemos obtener, a criterio del analista, un nuevo valor llamado “Net Criticality” para cada riesgo. Como se ha especificado en la sección 3.2, el objetivo es reducir el valor de “Gross Criticality” hasta estar por debajo del umbral de 10. Cabe decir que en el presente anexo, solo se han considerado aquellos riesgos identificados como peligroso en la sección 3.2.

B.1 Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos

Tabla 3. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Gross Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos								
RA7	Helicópteros	1	3	4	3	2	5	20
RA8	Aeronaves	1	3	4	3	2	5	20
RA2	Planeadores	1	2	3	2	2	4	12
RA1	Globos	0	1	1	2	2	4	4
RA3	Ala Delta	0	1	1	2	2	4	4
RA4	Parapente	0	1	1	2	2	4	4
RA5	Para-motor	0	1	1	2	2	4	4
RA6	Dirigibles	0	1	1	2	2	4	4
RA10	Pájaros	1	2	3	1	0	1	3
RA9	Drones	0	1	1	2	0	2	2

Tabla 4. Análisis del “Net Criticality” en operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Net Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones cerca de aeropuertos o aeródromos								
RA7	Helicópteros	1	3	4	3	2	5	20
RA8	Aeronaves	1	3	4	3	2	5	20
RA2	Planeadores	1	2	3	2	2	4	12
RA1	Globos	0	1	1	2	2	4	4
RA3	Ala Delta	0	1	1	2	2	4	4
RA4	Parapente	0	1	1	2	2	4	4
RA5	Para-motor	0	1	1	2	2	4	4
RA6	Dirigibles	0	1	1	2	2	4	4
RA10	Pájaros	1	2	3	1	0	1	3
RA9	Drones	0	1	1	2	0	2	2

B.2 Operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas

Tabla 5. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Gross Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas								
RH7	Helicópteros	1	3	4	3	2	5	20
RH9	Drones	1	3	4	3	0	3	12
RH5	Para-motor	1	1	2	3	2	5	10
RH8	Aeronaves	1	1	2	3	2	5	10
RH1	Globos	1	1	2	3	2	5	10
RH2	Planeadores	1	1	2	3	2	5	10
RH3	Ala Delta	1	1	2	3	2	5	10
RH4	Parapente	1	1	2	3	2	5	10
RH6	Dirigibles	0	1	1	2	2	4	4
RH10	Pájaros	1	2	3	2	0	2	6

Tabla 6. Análisis del “Net Criticality” en operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Net Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones cerca de ciudades o zonas habitadas								
RH7	Helicópteros	0	3	3	2	2	4	12
RH9	Drones	0	3	3	1	0	1	3
RH5	Para-motor	0	1	1	2	2	4	4
RH8	Aeronaves	0	1	1	2	2	4	4
RH1	Globos	0	1	1	2	2	4	4
RH2	Planeadores	0	1	1	2	2	4	4
RH3	Ala Delta	0	1	1	2	2	4	4
RH4	Parapente	0	1	1	2	2	4	4
RH6	Dirigibles	0	1	1	2	2	4	4
RH10	Pájaros	0	2	2	1	0	1	2

Tabla 7. RH7 - Colisión con helicóptero en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH7	Riesgo	Colisión con Helicóptero	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo					
Expertos					
Gross Criticality	20 – Muy Alto	Probabilidad	4 – Probable	Severidad	5 – Catastrophic
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Operaciones de búsqueda y salvamento		Personas implicadas (pilotos y habitantes) Daños materiales
Causas	Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación		
➤ Desconocer su alcance de operación	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. - Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de helicópteros. 		Completado En proceso		
➤ Derecho de paso	<ul style="list-style-type: none"> - En vuelo visual, el helicóptero tiene el derecho de paso respecto a un dron. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 		Completado		

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de helicópteros 	<ul style="list-style-type: none"> - Sincronizar el dron o el equipo de tierra con transpondedor o radio aeronáutica. 	En proceso			
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por helicópteros 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual. - Implementar el sistema transpondedor o radio aeronáutica. 	Completado En proceso En proceso			
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
<i>justificación</i>			Conocimiento de rango de operación Densidad media		Personas implicadas (piloto y habitantes) Daños materiales

Tabla 8. RH9 - Colisión con drones en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH9	Riesgo	Colisión con Drones	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo					
Expertos					
Gross Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	4 – Probable	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Densidad media		Personas implicadas (habitantes) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		- Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. - Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de drones.		Completado En proceso	
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de drones		- Sincronización de la flota de drones. Transferir plan de vuelo para la resolución del conflicto.		En proceso	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por drones 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual - Implementar sistemas para la detección instrumental como el transpondedor 	<p>Completado En proceso</p> <p>En proceso</p>			
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	3 – Baja	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	1 – No safety effect
<i>justificación</i>		Conocimiento de rango de operación Densidad media		Daños materiales	

para-motores	detección visual como luces	En proceso			
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	1 – Extremely Improbable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Densidad baja		Personas implicadas (piloto y habitantes) Daños materiales

Tabla 10. RH8 - Colisión con aeronave en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH8	Riesgo	Colisión con Aeronave	Escenario	Zonas habitadas	
Objetivo(s) afectados por el riesgo						
			<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas pobladas y habitadas. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos			<ul style="list-style-type: none"> Delfí López aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para las aeronaves y helicópteros durante el vuelo. (Anexo C.10 - Acta) Delfí López informa sobre las publicaciones diarias de NOTAM sobre las operaciones de aeronaves y helicópteros. (Anexo C.10 - Acta) Guadalupe Cortés informa de la normativa para aeronaves sobre la reglamentación de circulación cerca de zonas habitadas. (Anexo C.4 - Acta) 			
Gross Criticality	10 – Muy Alto		Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	5 – Catastrophic
			<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Densidad de vuelo bajo		Personas implicadas (pilotos y habitantes) Daños materiales
			Causas	Acciones de mitigación	Estado de las acciones de mitigación	
			➤ Desconocer su alcance de operación	<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de aeronaves. 	Completado En proceso	
			➤ Derecho de paso	<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, la aeronave tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 	Completado	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de aeronaves 	<ul style="list-style-type: none"> - Sincronizar el dron o el equipo de tierra con transpondedor o radio aeronáutica. 	En proceso				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por aeronaves 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual. - Implementar el sistema transpondedor o radio aeronáutica. 	Completado En proceso En proceso				
Consecuencias						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 						
Net Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	1 – Extremely Improbable	Severidad	4 – Hazardous	
<i>justificación</i>			Conocimiento de rango de operación Densidad de vuelo bajo		Personas implicadas (piloto) Daños materiales	

Tabla 11. RH1 - Colisión con globo en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH1	Riesgo	Colisión con Globo	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas pobladas y habitadas. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Guillem Elis aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los Globos durante el vuelo. (Anexo C.1 - Acta) Guillem Elis informa de la dificultad de volar globos con demasiado viento, por este motivo no operaran si en cierto lugar el buen tiempo no les acompañan. (Anexo C.1 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	10 – Muy Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	5 – Catastrophic
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Operaciones según meteorología		Personas implicadas (pilotos y habitantes)
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Consultar meteorología. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de Globo. 		Completado Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el globo tiene el derecho de paso respecto a un dron. Aplicar reglas de vuelo visual descritas 		Completado	

		en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por Globos		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		En proceso En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	1 – Extremely Improbable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Densidad baja según meteorología		Personas implicadas (pilotos)

Tabla 12. RH2 - Colisión con planeador en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH2	Riesgo	Colisión con Planeador	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas pobladas y habitadas. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los planeadores durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	10 – Muy Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	5 – Catastrophic
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos y habitantes) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de planeadores. 		<p>Completado</p> <p>En proceso</p>	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el planeador tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual 		Completado	

		descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	1 – Extremely Improbable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 13. RH3 - Colisión con ala delta en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH3	Riesgo	Colisión con Ala delta	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas pobladas y habitadas. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para el ala delta durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Oriol Fernández propuso para vuelos deportivos usar sistemas visuales para la detección de drones como luces parpadeantes. (Anexo C.9 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	10 – Muy Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	5 – Catastrophic
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos y habitantes) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de ala deltas. 		Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el ala delta tiene el derecho de paso respecto a un 		Completado	

		drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	1 – Extremely Improbable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 14. RH4 - Colisión con parapente en zonas habitadas - GC Muy Alto

Riesgo ID	RH4	Riesgo	Colisión con Parapente	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas pobladas y habitadas. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los parapente durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Oriol Fernández propuso para vuelos deportivos usar sistemas visuales para la detección de drones como luces parpadeantes. (Anexo C.9 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	10 – Muy Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	5 – Catastrophic
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos y habitantes) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de ala deltas. 		Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el parapente tiene el derecho de paso respecto a un 		Completado	

		drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	1 – Extremely Improbable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 15. RH10 - Colisión con pájaros en zonas habitadas - GC Medio- Alto

Riesgo ID	RH10	Riesgo	Colisión con Pájaros	Escenario	Zonas habitadas
Objetivo(s) afectados por el riesgo					
Expertos					
Gross Criticality	6 – Medio- Alto	Probabilidad	3 –Remote	Severidad	2 – Minor
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de trayectorias de aves migratorias. Desconocimiento de su época de cría y hábitat		Daños materiales
Causas	Acciones de mitigación			Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer trayectorias de aves migratorias y hábitat	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar en la base de datos ICO y MoveBank. - Consultar el hábitat de aves en época de cría. - Crear mapa de las zonas con más densidad de aves migratorias y hábitat de las aves en época de cría. 			<p>En proceso</p> <p>En proceso</p> <p>En proceso</p>	

Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	2 – Baja	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	1 – No safety effect
		<i>justificación</i>	Conocimiento de trayectorias y hábitat de las aves		

B.3 Operaciones en alta montaña

Tabla 16. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones en alta montaña

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Gross Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones en alta montaña								
RM7	Helicópteros	1	3	4	2	2	4	16
RM2	Planeadores	1	2	3	2	2	4	12
RM3	Ala Delta	1	2	3	2	2	4	12
RM4	Parapente	1	2	3	2	2	4	12
RM5	Para-motor	1	2	3	2	2	4	12
RM8	Aeronaves	1	2	3	2	2	4	12
RM1	Globos	0	1	1	2	2	4	4
RM6	Dirigibles	0	1	1	2	2	4	4
RM10	Pájaros	1	3	4	1	0	1	4
RM9	Drones	1	2	3	1	0	1	3

Tabla 17. Análisis del “Net Criticality” en operaciones en alta montaña

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Net Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones en alta montaña								
RM7	Helicópteros	0	3	3	2	2	4	12
RM2	Planeadores	0	2	2	2	2	4	8
RM3	Ala Delta	0	2	2	1	2	3	6
RM4	Parapente	0	2	2	1	2	3	6
RM5	Para-motor	0	2	2	1	2	3	6
RM8	Aeronaves	0	2	2	2	2	4	8
RM1	Globos	0	1	1	2	2	4	4
RM6	Dirigibles	0	1	1	2	2	4	4
RM10	Pájaros	0	3	3	1	0	1	3
RM9	Drones	1	2	3	1	0	1	3

Tabla 18. RM7 - Colisión con helicóptero en zonas de alta montaña - GC Muy Alto

Riesgo ID	RM7	Riesgo	Colisión con Helicóptero	Escenario	Zonas de alta montaña	
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas de alta montaña Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 				
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Delfí López aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para las aeronaves y helicópteros durante el vuelo. (Anexo C.10 - Acta) Delfí López informa sobre las publicaciones diarias de NOTAM sobre las operaciones de aeronaves y helicópteros. (Anexo C.10 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 				
Gross Criticality	16 – Muy Alto		Probabilidad	4 – Probable	Severidad	4 – Hazardous
			<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Operaciones de búsqueda y salvamento		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
		Causas	Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
		➤ Desconocer su alcance de operación	<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de helicópteros. 		Completado En proceso	
		➤ Derecho de paso	<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el helicóptero tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 		Completado	

➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de helicópteros	- Sincronizar el dron o el equipo de tierra con transpondedor o radio aeronáutica.	En proceso			
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por helicópteros	- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual. - Implementar el sistema transpondedor o radio aeronáutica.	Completado En proceso En proceso			
Consecuencias					
➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia.					
Net Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Densidad media		Personas implicadas (piloto) Daños materiales

Tabla 19. RM2 - Colisión con planeador en zonas de alta montaña - GC Medio- Alto

Riesgo ID	RM2	Riesgo	Colisión con Planeador	Escenario	Zonas en alta montaña
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas en alta montaña. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los planeadores durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de planeadores. 		Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el planeador tiene el derecho de paso respecto a un dron. Aplicar reglas de vuelo visual 		Completado	

		descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	8 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 20. RM3 - Colisión con ala delta en zonas de alta montaña - GC Muy Alto

Riesgo ID	RM3	Riesgo	Colisión con Ala delta	Escenario	Zonas en alta montaña
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas en alta montaña Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para el ala delta durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Oriol Fernández propuso para vuelos deportivos usar sistemas visuales para la detección de drones como luces parpadeantes. (Anexo C.9 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 –Remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de ala deltas. 		Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el ala delta tiene el derecho de paso respecto a un dron. 		Completado	

		Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	6 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 21. RM4 - Colisión con parapente en zonas de alta montaña - GC Muy Alto

Riesgo ID	RM4	Riesgo	Colisión con Parapente	Escenario	Zonas en alta montaña	
Objetivo(s) afectados por el riesgo			<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas en alta montaña. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos			<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los parapente durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Oriol Fernández propuso para vuelos deportivos usar sistemas visuales para la detección de drones como luces parpadeantes. (Anexo C.9 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	12 – Muy Alto		Probabilidad	3–Remote	Severidad	4 – Hazardous
			<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación		
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de ala deltas. 		Completado En proceso		
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el parapente tiene el derecho de paso respecto a un dron. 		Completado		

		Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	6 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	6 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	3 – Major
<i>justificación</i>			Conocimiento de rango de operación Densidad baja		Personas implicadas (piloto) Daños materiales

Tabla 23. RM8 - Colisión con aeronave en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RM8	Riesgo	Colisión con Aeronaves	Escenario	Zonas en alta montaña	
Objetivo(s) afectados por el riesgo					<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en alta montaña. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 	
Expertos					<ul style="list-style-type: none"> Delfí López aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para las aeronaves y helicópteros durante el vuelo. (Anexo C.10 - Acta) Delfí López informa sobre las publicaciones diarias de NOTAM sobre las operaciones de aeronaves y helicópteros. (Anexo C.10 - Acta) Guadalupe Cortés informa de la normativa para aeronaves sobre la reglamentación de circulación cerca de zonas habitadas. (Anexo C.4 - Acta) 	
Gross Criticality	12 – Muy Alto		Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
			<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Densidad de vuelo medio		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
			Causas	Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación
			➤ Desconocer su alcance de operación	<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de aeronaves. 		Completado En proceso
			➤ Derecho de paso	<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, la aeronave tiene el derecho de paso respecto a un dron. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 		Completado

➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de aeronaves	- Sincronizar el dron o el equipo de tierra con transpondedor o radio aeronáutica.	En proceso			
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por aeronaves	- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual. - Implementar el sistema transpondedor o radio aeronáutica.	Completado En proceso En proceso			
Consecuencias					
➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia.					
Net Criticality	8 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	4 – Hazardous
<i>justificación</i>			Conocimiento de rango de operación Densidad de vuelo medio		Personas implicadas (piloto) Daños materiales

Tabla 24. RM10 - Colisión con pájaros en zonas de alta montaña - GC Medio- Alto

Riesgo ID	RM10	Riesgo	Colisión con Pájaros	Escenario	Zonas en alta montaña
Objetivo(s) afectados por el riesgo					
			<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video en zonas en alta montaña. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 		
Expertos			<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt, ornitólogo y aficionado al vuelo con ala delta, informa sobre la improbable colisión con los pájaros. <i>“Ellos tienen el absoluto dominio del cielo. Ninguna aeronave creada por el hombre puede ganarle a un pájaro en vuelo. Ellos ven las aeronaves a centenares de metros y ya se cuidaran de evitarte”</i> (Anexo C.3 - Acta) Bernat Claramunt comenta que hay bases de datos sobre las aves migratorias (ICO a nivel catalán y MoveBank a nivel internacional) y el servicio de protección de especies de la Generalitat de Catalunya que ayudaría a conocer las trayectorias de estas en determinadas épocas del año. (Anexo C.3 - Acta) Evitar por sobre de todo interferir con las aves en su época de cría ya que podrían atacar al drone con la finalidad de protegerse. Es importante conocer su hábitat y periodo de cría. (Anexo C.3 - Acta) 		
Gross Criticality	4 – Medio- Alto	Probabilidad	4 –Probable	Severidad	1 – No safety effect
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de trayectorias de aves migratorias. Desconocimiento de su época de cría y hábitat		Daños materiales
Causas	Acciones de mitigación			Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer trayectorias de aves migratorias y hábitat	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en la base de datos ICO y MoveBank. Consultar el hábitat de aves en época de cría. Crear mapa de las zonas con más densidad de aves migratorias y 			<ul style="list-style-type: none"> En proceso En proceso En proceso 	

	hábitat de las aves en época de cría.				
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	3 – Baja	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	1 – No safety effect
		<i>justificación</i>	Conocimiento de trayectorias y hábitat de las aves		

B.4 Operaciones en campo abierto

Tabla 25. Análisis del “Gross Criticality” en operaciones en campo abierto

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Gross Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones en campo abierto								
RC1	Globos	1	3	4	2	2	4	16
RC3	Ala Delta	1	3	4	2	2	4	16
RC4	Parapente	1	3	4	2	2	4	16
RC5	Para-motor	1	3	4	2	2	4	16
RC7	Helicópteros	1	3	4	2	2	4	16
RC2	Planeadores	1	2	3	2	2	4	12
RC6	Dirigibles	1	2	3	2	2	4	12
RC8	Aeronaves	1	2	3	2	2	4	12
RC9	Drones	1	3	4	1	0	1	4
RC10	Pájaros	1	1	2	1	0	1	2

Tabla 26. Análisis del “Net Criticality” en operaciones en campo abierto

Ref.	Riesgo	Probabilidad			Severidad			Net Criticality
		Alcance	Densidad	Total	Densidad de implicados	En vuelo	Total	
Operaciones en campo abierto								
RC1	Globos	0	3	3	1	2	3	9
RC3	Ala Delta	0	3	3	1	2	3	9
RC4	Parapente	0	3	3	1	2	3	9
RC5	Para-motor	0	3	3	1	2	3	9
RC7	Helicópteros	0	3	3	2	2	4	12
RC2	Planeadores	0	2	2	1	2	3	6
RC6	Dirigibles	0	2	2	1	2	3	6
RC8	Aeronaves	0	2	2	2	2	4	8
RC9	Drones	1	3	4	1	0	1	4
RC10	Pájaros	1	1	2	1	0	1	2

Tabla 27. RC1 - Colisión con globo en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC1	Riesgo	Colisión con Globo	Escenario	Zonas en Campo Abierto	
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 				
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Guillem Elis aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los Globos durante el vuelo. (Anexo C.1 - Acta) Guillem Elis informa de la dificultad de volar globos con demasiado viento, por este motivo no operaran si en cierto lugar el buen tiempo no les acompañan. (Anexo C.1 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 				
Gross Criticality	16 – Muy Alto		Probabilidad	4 – Probable	Severidad	4 – Hazardous
			<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Operaciones según meteorología		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación		
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Consultar meteorología. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de Globo. 		Completado Completado En proceso		
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el globo tiene el derecho de paso respecto a un drone. 		Completado		

	Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.				
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por Globos	-	Publicar NOTAMS de operación		En proceso	
	-	Implementar sistemas para la detección visual como luces		En proceso	
Consecuencias					
➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia.					
Net Criticality	9 – Medio- Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Densidad baja según meteorología		Personas implicadas (pilotos)

Tabla 28. RC3 - Colisión con ala delta en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC3	Riesgo	Colisión con Ala delta	Escenario	Zonas en Campo Abierto
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para el ala delta durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Oriol Fernández propuso para vuelos deportivos usar sistemas visuales para la detección de drones como luces parpadeantes. (Anexo C.9 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	16 – Muy Alto	Probabilidad	4 – Probable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de ala deltas. 		<p>Completado</p> <p>En proceso</p>	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el ala delta tiene el derecho de paso respecto a un drone. 		Completado	

		Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	9 – Medio- Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 29. RC4 - Colisión con parapente en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC4	Riesgo	Colisión con Parapente	Escenario	Zonas en Campo Abierto
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los parapente durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Oriol Fernández propuso para vuelos deportivos usar sistemas visuales para la detección de drones como luces parpadeantes. (Anexo C.9 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	16 – Muy Alto	Probabilidad	4 – Probable	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de ala deltas. 		Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el parapente tiene el derecho de paso respecto a un drone. 		Completado	

		Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	9 – Medio- Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	9 – Medio- Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Densidad baja		Personas implicadas (piloto) Daños materiales

Tabla 31. RC7 - Colisión con helicóptero en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC7	Riesgo	Colisión con Helicóptero	Escenario	Zonas en Campo Abierto	
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 				
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Delfí López aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para las aeronaves y helicópteros durante el vuelo. (Anexo C.10 - Acta) Delfí López informa sobre las publicaciones diarias de NOTAM sobre las operaciones de aeronaves y helicópteros. (Anexo C.10 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 				
Gross Criticality	16 – Muy Alto		Probabilidad	4 – Probable	Severidad	4 – Hazardous
			<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Operaciones de búsqueda y salvamento		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
		Causas	Acciones de mitigación	Estado de las acciones de mitigación		
		➤ Desconocer su alcance de operación	<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de helicópteros. 	Completado En proceso		
		➤ Derecho de paso	<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el helicóptero tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 	Completado		

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de helicópteros 	<ul style="list-style-type: none"> - Sincronizar el dron o el equipo de tierra con transpondedor o radio aeronáutica. 	En proceso				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por helicópteros 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual. - Implementar el sistema transpondedor o radio aeronáutica. 	Completado En proceso En proceso				
Consecuencias						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 						
Net Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous	
<i>justificación</i>			Conocimiento de rango de operación Densidad media		Personas implicadas (piloto) Daños materiales	

Tabla 32. RC2 - Colisión con planeador en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC2	Riesgo	Colisión con Planeador	Escenario	Zonas en Campo Abierto
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Bernat Claramunt aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para los planeadores durante el vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Bernat Claramunt comenta que las aeronaves planeadoras buscan corrientes térmicas ascendentes para incrementar su tiempo de vuelo. (Anexo C.2 - Acta) Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Desconocimiento de zonas con corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de planeadores. 		<p>Completado</p> <p>En proceso</p>	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el planeador tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual 		Completado	

		descritas en la sección 2.1.			
➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de corrientes térmicas ascendentes		- Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes para evitar entrar en conflicto con planeadores. Relacionado con la meteorología.		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por planeadores		- Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual como luces		Completado En proceso	
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	6 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Conocimiento de corrientes térmicas ascendentes		Personas implicadas (piloto)

Tabla 33. RC6 - Colisión con dirigible en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC6	Riesgo	Colisión con Dirigible	Escenario	Zonas en Campo Abierto
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Guillem Elis informa sobre el derecho de paso entre aeronaves en vuelo visual, prioridad máxima los globos. Prioridad en vuelo según su maniobrabilidad. (Anexo C.1 - Acta) 			
Gross Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Operaciones según meteorología		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Consultar meteorología. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de helicópteros. 		Completado Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, el dirigible tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 		Completado	
➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por		<ul style="list-style-type: none"> Publicar NOTAMS de operación Implementar sistemas para la detección 		Completado	

Dirigibles	visual como luces	En proceso			
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	6 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	3 – Major
		<i>justificación</i>	Conocimiento de rango de operación Densidad muy baja según meteorología		Personas implicadas (pilotos)

Tabla 34. RC8 - Colisión con aeronave en zonas en campo abierto- GC Muy Alto

Riesgo ID	RC8	Riesgo	Colisión con Aeronaves	Escenario	Zonas en Campo Abierto
Objetivo(s) afectados por el riesgo		<ul style="list-style-type: none"> Realizar servicio de grabación y reproducción de video y Agromav en zonas en Campo Abierto. Ofrecer los mejores servicios con drones sin interferir en la seguridad de las personas. Mantener el coste de daños materiales bajo. Obtener y mantener credibilidad, reconocimiento y fiabilidad de compañías, instituciones y centros de investigación involucrados con la empresa HEMAV. 			
Expertos		<ul style="list-style-type: none"> Delfí López aconseja equipar al sistema UAS con cierto instrumento para ser detectable para las aeronaves y helicópteros durante el vuelo. (Anexo C.10 - Acta) Delfí López informa sobre las publicaciones diarias de NOTAM sobre las operaciones de aeronaves y helicópteros. (Anexo C.10 - Acta) Guadalupe Cortés informa de la normativa para aeronaves sobre la reglamentación de circulación cerca de zonas habitadas. (Anexo C.4 - Acta) 			
Gross Criticality	12 – Muy Alto	Probabilidad	3 – Remote	Severidad	4 – Hazardous
		<i>justificación</i>	Desconocimiento de rango de operación Densidad de vuelo medio		Personas implicadas (pilotos) Daños materiales
Causas		Acciones de mitigación		Estado de las acciones de mitigación	
➤ Desconocer su alcance de operación		<ul style="list-style-type: none"> Consultar NOTAM en el día de operación y lugar. Crear mapa de las zonas con más densidad de operación de aeronaves. 		Completado En proceso	
➤ Derecho de paso		<ul style="list-style-type: none"> En vuelo visual, la aeronave tiene el derecho de paso respecto a un drone. Aplicar reglas de vuelo visual descritas en la sección 2.1. 		Completado	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tecnología para la detección de aeronaves 	<ul style="list-style-type: none"> - Sincronizar el dron o el equipo de tierra con transpondedor o radio aeronáutica. 	En proceso			
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivel bajo de tratamiento para ser detectable por aeronaves 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicar NOTAMS de operación - Implementar sistemas para la detección visual. - Implementar el sistema transpondedor o radio aeronáutica. 	Completado En proceso En proceso			
Consecuencias					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallar en el servicio contratado por el cliente en la realización de fotografías y grabaciones aéreas o Agromav. ➤ Interferir en la integridad y la seguridad de las personas. ➤ Incrementar costes operacionales y materiales. ➤ Perder credibilidad y fiabilidad en el mercado y perder posición respecto a la competencia. 					
Net Criticality	8 – Medio- Alto	Probabilidad	2 – Extremely Remote	Severidad	4 – Hazardous
<i>justificación</i>			Conocimiento de rango de operación Densidad de vuelo medio		Personas implicadas (piloto) Daños materiales

Intencionalmente en blanco

Anexo C – Actas de las entrevistas a expertos

En este anexo se exponen todas las actas de las entrevistas hechas a expertos del campo de la aviación desde pilotos de aeronaves hasta ingenieros del sector aeroespacial con la finalidad de obtener aportaciones al proyecto útiles para su desarrollo final. Aquí se presentan una lista de personas con las que el autor ha interactuado durante el desarrollo del proyecto:

- HEMAV – Expertos en las operaciones con aeronaves no tripuladas
- ACC Gavà – Jordi Gelabert, controlador aéreo.
- Aprocta – Guadalupe Cortés, controladora aérea.
- AESA – Daniel Cruz, ingeniero.
- CREAM – Dr. Bernat Claramunt, ornitólogo.
- Balo Club Mediterrani – Guillem Noya, piloto de Globos.
- Varios clubes de vuelo lucrativos – Bernat Claramunt, piloto de ala delta. Oriol Fernández, paracaidista y piloto de parapente. Delfí López, piloto con licencia PPL y ultraligeros

C.1 Acta de la reunión con Guillem Noya

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión de los Globos (aerostatos)
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Guillem Noya, Aleix
FECHA Y HORA	13/02/2014 (19:00h-20:30h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Entrevistar a Guillem Noya del Balo club Mediterrani, piloto de globo
2.- INFORMACIÓN ADICIONAL	Interesante información desconocida
3.- CONTACTOS	Nuevos contactos relacionados con el campo de los globos

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
	<p>Guillem Noya es piloto de globo del Balo club Mediterrani. Ofrecen vuelos a quien quiera y dan un paseo por las comarcas del Penedès. También han participado en campeonatos de globos por España.</p> <p>Aquí se plantean las cuestiones planteadas y sus respuestas.</p> <p>Cuestiones:</p> <p>1.1. ¿Pedís autorizaciones para volar en el espacio aéreo no controlado en cierto lugar y tiempo? Depende. Si tienes pensado un vuelo largo que interfieras en espacio aéreo controlado, sí debes avisar y pedir permisos. Publicaremos un NOTAM donde se indique el lugar de salida y las alturas en donde operaremos. Cabe decir que al no tener un timón y dependemos tanto de la dirección del viento, es difícil publicar un plan de vuelo. Por otro lado, no hace falta pedir permisos, publicar un NOTAM ni realizar un plan de vuelo en los casos que los vuelos sean de corta duración y menos si no interfieres en espacios aéreos controlados, restringidos o prohibidos, en estos casos si se deben pedir permisos. Se han dado casos de sobrevolar campos militares totalmente restringidos, aunque sean casos muy escasos y únicos.</p> <p>1.1.1. Si es así, ¿hay otros usuarios que saben en donde operáis? Si se publican NOTAMS sí. Normalmente cuando se celebran campeonatos (reuniones de 80 globos), es importante que los NOTAMS avisen que en cierto espacio aéreo hay unas alturas restringidas para volar porque los globos estarán operando en él.</p> <p>1.2. De todas formas, ¿siempre estáis pendientes por posibles conflictos durante el vuelo? Estamos pendientes de conflictos con cables eléctricos, torres o antenas. Si me preguntas sobre aeronaves, parapentes, ultraligeros, helicópteros o UAV, es siempre el globo el que tiene preferencia de paso en vuelo ya que al tener menos</p>

maniobrabilidad es el más condicionado para la seguridad de los tripulantes. Esta normativa de operación en vuelo está regularizada (aunque por ahora los UAV creo que no se han incluido, pero es de sentido común que un UAV tiene menos preferencia). Así que no estamos pendientes de conflictos con otras aeronaves ya que son ellas las que nos tienen que evitar, nosotros tampoco podríamos resolver ningún conflicto, solo podríamos ascender o descender. Lo interesante es cuando son dos globos que entran en conflicto. Sucede en los concursos de globos, donde se concentran 50 u 80 globos. En el despegue es crítico ya que no ves lo que tienes encima de ti. Así que el globo de arriba debe estar pendiente de lo que tiene debajo para no dañar la vela de otro globo con la cesta. Por lo tanto, el globo de debajo tiene preferencia siempre.

1.3. La maniobrabilidad y control de un globo es lenta, limitada y condicionada por el viento, ¿cómo hacéis para resolver conflictos de colisión en el aire? Solo podemos ascender y descender. Para un vuelo seguro, debemos mirar la meteorología hasta el último momento de volar. Vientos superiores a 5kt abortamos el vuelo y si el viento sopla hacia el este. ¿El motivo? Evitar entrar en la CTR de Barcelona o que el viento nos conduzca al mar.

1.3.1. ¿Voláis en los mismos sitios que las aeronaves? Tenemos prohibido entrar en la CTR de cualquier aeródromo o aeropuerto. Cabe decir que para viajes largos donde no puedas prever la dirección del globo con anterioridad, llevamos a bordo una radio para contactar con el aeropuerto en conflicto. Puede que nos den permiso para cruzar o nos obliguen a aterrizar lo más rápidamente posible (aunque no siempre podemos debido a la necesidad de un campo largo para aterrizar). En el espacio aéreo no controlado, tenemos nosotros la prioridad ante cualquier tipo de aeronave.

1.3.2. ¿Cómo los evitáis/coordináis? (Algunos límites operacionales tal vez (ej. volar por debajo de 1000ft)) Simplemente, ellos deben maniobrar para evitarnos. Nuestros límites de altura de vuelo vienen determinados por el oxígeno lógicamente y por regla general, no debemos sobrevolar las ciudades o pueblos por debajo de los 150m de altura.

1.4. ¿Vuestros sistemas anticolidión son fiables y robustos? –

1.5. ¿Tenéis consciencia de los UAVs? Sí y nos despierta curiosidad en este campo. Además sabemos que aun no existe regulación para estos.

1.6. Explicad los principales aspectos que consideráis para la seguridad de las personas durante el vuelo. ¿Las fases del vuelo más peligrosas son durante el despegue y el aterrizaje? La seguridad de las personas es lo más importante, y muchas veces se abortan despegues por poco viento que haga. La fase del aterrizaje es la más crítica por varias razones. Se necesita un campo largo para frenar el globo libre de líneas telefónicas o eléctricas. No tenemos frenos y se pueden llegar a velocidades grandes debido al viento. Así que muchas veces al tocar suelo, la cesta se vuelca.

Recomendaciones:

1.7. Para la flota de drones de HEMAV, ¿qué métodos consideráis oportunos para no interferir con globos? Simplemente los globos tienen prioridad en vuelo y los drones deberán, como todos los demás, controlar el espacio aéreo para no entrar en conflicto con ningún globo. Consultar en los NOTAMs si algún vuelo en globo está publicado o campeonatos de globos. Por último, pueden consultar la meteorología y si el viento es favorable o no para el vuelo con globo.

1.7.1. ¿Sistema electrónico en concreto? Usamos el altímetro calado al nivel del

mar para controlar la velocidad de ascensa/descenso, el GPS para orientarnos y obtener la velocidad de crucero y una radio para contactar con aeródromos u otras aeronaves con el fin de avisar sobre nuestro vuelo.

1.7.2. ¿Metodología operacional? Es decir, ¿pedir permisos y tener presente las zonas donde hay reservado un vuelo en globo? Como se ha comentado, en vuelos locales de corta duración no pedimos permisos ni hacemos un plan de vuelo. Si el vuelo es largo y creemos que según el viento cruzaremos espacio aéreo controlado, si que publicamos un NOTAM y el plan de vuelo.

1.7.2.1. ¿Esta información es pública y dónde se puede conseguir? En las publicaciones de los NOTAMs

1.7.3. ¿Sistemas visuales a implementar a los *drones* como luces, color distintivo? Ninguno en concreto porque no estamos pendientes ni de los pájaros.

DISCUSIÓN

2.- Información adicional

Las aves se alejan de los globos.

Tanto en la fase de despegue como en la de aterrizaje, se necesita un permiso del propietario de dicho terreno, sea propiedad privada, perteneciente al ayuntamiento o al consejo comarcal. Aunque durante el aterrizaje nunca se sabe en que terrenos aterrizaras. Por esta razón tenemos un seguro por si dañamos campos de maíz por ejemplo.

DISCUSIÓN

3.- Contactos

Ultamagic de Igualada: empresa de globos única en España e internacionalmente conocida. Proyecto ganador del concurso organizado por Ultramagic: Diseño de un sistema para los globos que detecte líneas eléctricas durante el vuelo.

<http://www.igualada.cat/cat/Iqualada-al-Dia/Noticies/Ultramagic-Iliura-els-seus-premis-a-la-innovacio>

Ponerse en contacto para más información.

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
3. Contactos	Aleix Ripoll	21/02/2014	21/02/2014

C.2 Acta de la reunión con Bernat Claramunt (I)

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión de los Ala deltas
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Bernat Claramunt, Aleix
FECHA Y HORA	24/02/2014 (09:30h-10:30h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Entrevistar a Bernat Claramunt, piloto de ala delta
2.- INFORMACIÓN ADICIONAL	Interesante información desconocida
3.- CONTACTOS	Nuevos contactos relacionados con el campo de los ala delta u otros

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
<p>Bernat Claramunt es piloto de ala delta. Aquí se plantean las cuestiones planteadas y sus respuestas.</p> <p>Cuestiones:</p> <p>1.7. ¿Pedís autorizaciones para volar en el espacio aéreo no controlado en cierto lugar y tiempo? No. El vuelo en ala delta es libre y no hace falta pedir autorización alguna en cierto espacio y tiempo. Aunque existen lugares específicos donde los vuelos de ala delta son frecuentes. Cabe destacar que los pilotos de ala delta vuelan con el sentido común, nunca veras ala deltas volar cerca de ciudades, aeródromos, mar adentro...</p> <p>1.7.1. Si es así, ¿hay otros usuarios que saben en donde operáis? Hay lugares específicos para volar con ala deltas. Pero no se acostumbra a saber por donde un ala delta volará.</p> <p>1.8. De todas formas, ¿siempre estáis pendientes por posibles conflictos durante el vuelo? Por supuesto. Estamos en contacto con los compañeros de vuelo de ala delta mediante radio (con cierta frecuencia). Nuestro vuelo visual nos obliga a estar pendientes de cualquier imprevisto por nuestra propia seguridad (también es opcional llevar paracaídas de seguridad). El problema es que no vemos detrás ni por encima de nosotros. Así que existen reglas de vuelo para contemplar los casos en que estamos más expuestos, es decir, tenemos prioridad de paso ante toda aeronave en vuelo a excepción de los globos. Los que vuelan por encima de nosotros deben vigilar que maniobra hace el ala delta de debajo, y si vuelas detrás, debes vigilar las maniobras del ala delta de delante. Respecto los UAV, no siempre en vuelo visual los veremos. Así que estaría muy bien que fueran los UAV quienes llevarsen sistemas electrónicos para detectar cualquier obstáculo como ala deltas. Respecto a las colisiones con las aves, ellas ya nos ven y nos oyen de muy lejos, así que ellas mismas ya ni se acercan, aunque a veces hemos volado cerca y junto a ellas.</p>	

- 1.9. La maniobrabilidad y control de un ala delta está limitada y condicionada por el corrientes térmicas y el viento, ¿cómo hacéis para resolver conflictos de colisión en el aire?** Aplicar sentido común. Aunque hay muy poca probabilidad de colisión se han dado casos (llevamos paracaídas de emergencia). Tenemos más maniobrabilidad que los globos, aunque no tendríamos tiempo de reacción si una aeronave o dron se nos acerca a mucha velocidad, y menos podríamos esquivarlos si nos acercan por arriba y por detrás.
- 1.9.1. ¿Voláis en los mismos sitios que las aeronaves?** Es recomendable evitar volar cerca de aeródromos para no entrar en conflicto con aeronaves. En el espacio aéreo no controlado compartimos el aire con parapentes, ultraligeros, otras alas delta, que utilizan las corrientes térmicas ascendentes para volar más tiempo. Así que se establecen reglas de circulación aérea (siempre aplicando sentido común). Si entras en una corriente térmica, el que hay dentro tendrá la prioridad, es decir, deberás seguir su trayectoria sea hacia la derecha o izquierda (para evitar la colisión frontal). El que vuela por encima, debe vigilar los que suben desde abajo.
- 1.9.2. ¿Cómo los evitáis/coordináis? (Algunos limites operacionales tal vez (ej. volar por debajo de 1000ft)** Entre ala deltas volamos con radios para coordinarnos y establecer rutas de vuelo. Volamos en vuelo visual, así que volamos con sentido común i evitamos colisiones si las vemos.
- 1.10. ¿Vuestros sistemas anticolidión son fiables y robustos? –**
- 1.11. ¿Tenéis consciencia de los UAVs?** No hasta el momento porque no nos hemos encontrado en vuelo con ellos. Tampoco existe una reglamentación específica que controle las operaciones de los drones.
- 1.12. Explicad los principales aspectos que consideráis para la seguridad de las personas durante el vuelo. ¿Las fases del vuelo más peligrosas son durante el despegue y el aterrizaje?** Durante todo el vuelo es peligroso.

Recomendaciones:

- 2.7. Para la flota de drones de HEMAV, ¿qué métodos consideráis oportunos para no interferir con ala deltas?** Conocer los sitios más comunes de operaciones de ala delta, evitar volar por encima o por detrás de ala deltas ya que son las zonas más críticas para el piloto de ala delta. Es recomendable que los pilotos o el auto-piloto del UAV evite acercarse a alas delta.
- 2.7.1. ¿Sistema electrónico en concreto? Ninguno.**
- 2.7.1.1. ¿Metodología operacional? Es decir, ¿pedir permisos y tener presente las zonas donde hay reservado un vuelo en ala delta?** Los vuelos de ala delta no se piden permisos ni se publican NOTAMS ni nada por el estilo. Para un vuelo seguro, es recomendable que los pilotos de UAV sepan los lugares típicos donde las alas delta operan y en caso que operen ambos en el mismo lugar, tener presente la prioridad del ala delta en vuelo.
- 2.7.1.2. ¿Esta información es pública y dónde se puede conseguir? -**
- 2.7.2. ¿Sistemas visuales a implementar a los drones como luces, color distintivo?** Si el UAV se nos acerca por delante y el piloto de ala delta está atento, puede verlo venir (según su tamaño y la visibilidad) a más de 30m. El piloto de ala delta podrá maniobrar y evitar la colisión. No hace falta implementar ningún color, forma, para distinguirlo. Podría darse el caso que el piloto no tenga tiempo de evitar la colisión ya sea por la velocidad de ambos o por la baja visibilidad. Es recomendable que el UAV tenga un sensor de detección y

anticolisión de obstáculos móviles en vuelo.

DISCUSIÓN

2.- Información adicional

Las alas delta vuelan en sitios donde aparezcan corrientes ascendentes de aire con la finalidad de volar más tiempo.

El ala delta y los drones podrían volar a velocidades parecidas.

Es difícil determinar los sitios donde las alas delta operan ya que se podría describir como un deporte. Se pueden volar travesías de hasta 200km.

Cuando el viento es fuerte limita el vuelo del ala delta.

DISCUSIÓN

3.- Contactos

Bernat propuso contactar con un piloto de parapente con el fin de conocer sus experiencias. Gustavo es piloto de la Escuela Albatros de parapentes.

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
3. Contactos	Aleix Ripoll	04/03/2014	04/03/2014

C.3 Acta de la reunión con Bernat Claramunt (II)

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión para las aves
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Bernat Claramunt, Aleix
FECHA Y HORA	24/02/2014 (10:30h-11:30h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Entrevistar a Bernat Claramunt, experto en Aves
2.- INFORMACIÓN ADICIONAL	Interesante información desconocida
3.- CONTACTOS	Nuevos contactos relacionados con el campo de las aves

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
<p>Bernat Claramunt es experto en ornitología. Aquí se plantean las cuestiones planteadas y sus respuestas.</p> <p>Cuestiones:</p> <p>1.1. Existen centenares de especies de pájaros en España y es seguramente difícil de establecer un comportamiento común, es decir, si una gaviota ve venir un <i>drone</i> (ruidosos y tamaño medio), ¿ellas mismas se desviarían de su trayectoria o sentirían curiosidad? En primer lugar, ningún aparato tecnológico volará mejor que un ave y ellas tienen consciencia de esto. Así que el riesgo de impacto entre un drone con cualquier ave es bajo, ya que las aves evitarían la colisión. La mayoría de las aves se apartan de cualquier aparato que vuela cerca de ellas a menos que estés operando cerca de su nido. En estos casos sí que se han dado casos de aves atacando ala deltas, parapentes o escaladores, para proteger su nido.</p> <p>1.1.1. En cambio un carroñero se ha dado el caso que ha atacado a <i>drones</i>. Así pues no sabemos con certeza que comportamiento tendrían cada especie. ¿Puede que vean a los <i>drones</i> como pájaros también? Las aves atacarían a los drones en caso que estos invadieran su territorio donde tenga sus crías. Así que es recomendable no acercarse en los sitios y en las épocas de cría de las aves. Ya que cuando un pájaro ataca como un águila, al tener el dominio absoluto en vuelo, ya podríamos despedirnos del drone.</p> <p>1.2. Podemos usar algún sistema para ahuyentar a los pájaros (cierta frecuencia y potencia), ¿estaría prohibido según los protectores de animales, ya que podemos interferir en su hábitat natural? Deben haber estudios de sistemas que emitan a frecuencias donde el oído humano no sienta y los pájaros sí. Podríamos, por ejemplo, emitir a una frecuencia que se propagara a más velocidad que en la frecuencia auditiva para el ser humano, y avisar a los pájaros antes que un drone se</p>	

acercara. Aunque podría ser que al tener el oído y la vista tan desarrollada, no haría falta implementar ningún sistema para ahuyentar aves. Ellas mismas lo detectarían y lo evitarían. En la mayoría de los países sancionan si molestan a las aves en épocas de cría sean aves protegidas o no.

1.2.1. En el aeropuerto del Prat usan halcones para ahuyentar a pájaros comunes pero seguramente pájaros grandes que no se asustan con los halcones interferirían con las operaciones del aeropuerto. ¿Entonces se podría utilizar sistemas electrónicos que los ahuyenten con más fiabilidad?

Puede que un pájaro grande no tenga ningún otro pájaro como depredador, pero si ven venir a un humano u otro animal, se van.

1.2.2. ¿Existe alguna ley que lo prohíba o simplemente no existe método alguno para este propósito para las aves? Mientras no las molestes en época de cría, o hagas una matanza de especies protegidas... No habrá ningún problema.

1.3. Respecto a las aves protegidas, ¿qué sucedería si colisionara con una aeronave o *drone*? Seguramente si colisionas con una no pasaría nada, el problema es si haces una matanza. Pero al matar una con el drone, las otras aves se irían del lugar para sobrevivir. Además, remarcar que la probabilidad de colisionar en vuelo con una ave es muy baja porque ellas mismas ya ni se acercarían.

1.4. Respecto a las aves migratorias que viajan en manada, ¿existen estudios que analizan las trayectorias de estas en cierta época del año, es decir, tal especie en este periodo de tiempo es usual que se dirija hacia el Este, volando por encima del Llobregat? Si hay estudios, aves con GPS también, y está publicado.

1.4.1. Sabiendo estas trayectorias posibles, ¿HEMAV podría tener una base de datos de lugares y vías de migraciones de aves? Si. El Institut català d'ornitologia (ICO) contiene toda la información relacionada con las aves migratorias a nivel catalán (el donde y el cuándo). A nivel internacional el Movebank (información pública u otra pidiendo permisos).

Recomendaciones:

1.5. Para la flota de *drones* de HEMAV, ¿qué métodos consideraréis oportunos para no interferir con un pájaro? ¿Existen sistemas electrónicos específicos para ahuyentar a las aves? Conocer los lugares y épocas de cría de las aves (Servei de Protecció d'Espècies de la Generalitat puede facilitar información). De esta manera evitarás que cualquier ave ataque al drone o que el drone interfiera en la fauna. Se podría estudiar sistemas electrónicos para ahuyentar aves en vuelo, pero sin ningún sistema la probabilidad de colisionar es muy baja. La mayoría de las aves evitan cualquier vehículo humano en el aire sean drones, ala deltas, parapentes, globos o aeronaves.

DISCUSIÓN

2.- Información adicional

Se podría estudiar un trabajo sobre la audición de las aves. ¿Oyen más que la banda de frecuencia audible humano? Si oyen a otras frecuencias, ¿avisar con silbidos/sonidos que ahuyenten a las aves? ¿Sería necesario implementar dicho sistema al drone o que el simple sonido del motor y aspecto del dronje ya ahuyentara a las aves?

Sanciones si interfieres en los lugares y épocas de cría de las aves. Importante conocerlo si operas en alta montaña.

DISCUSIÓN	3.- Contactos
<p>Servei de Protecció d'Espècies (Generalitat de Catalunya) Bases de dades de aves migratorias: ICO (a nivel catalán) MoveBank (a nivel internacional) http://www.ornitologia.org/ca/ http://www.movebank.org/</p>	

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
3. Contactos	Aleix Ripoll	04/03/2014	04/03/2014

C.4 Acta de la reunión con Guadalupe Cortés

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix (llamada telefónica)
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión desde el punto de vista de controlador aéreo
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Guadalupe, Aleix
FECHA Y HORA	11/03/2014 (10:30h-10:45h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Hablar de como ella podría contribuir al proyecto
2.- CONTACTOS	Interesante información desconocida

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
<p>Guadalupe ha comentado que por el momento está muy ocupada y le es imposible quedar en persona. Por este motivo hemos quedado que por el momento le enviaré unas preguntas para que tenga una idea de como podría contribuir al proyecto. Me ha comentado que en el tema más ingenieril poco podría contribuir, sería en tema de operaciones y legislación de aviación, aunque en el tema de drones está muy verde.</p> <p>Me ha comentado que en el proyecto debería incluir un apartado de estudio de riesgos y los seguros que debería tener HEMAV para sus drones en caso que estos colisionaran.</p>	
DISCUSIÓN	2.- Contactos
<p>Guadalupe hablará con contactos interesantes que saben mucho del tema de los drones. Exactamente un ingeniero del aeropuerto que me podría ayudar con la parte más tecnológica del diseño de un sistema anticolidión para drones. Otro contacto que intentará conseguir es más relacionado con legislación de los drones en España. Por último, pude también conseguir un contacto de EASA que entienda del tema de los drones.</p> <p>En los próximos días intentará pasarme los contactos.</p>	

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
1. Enviar Cuestiones a Guadalupe	Aleix Ripoll	11/03/2014	11/03/2014

C.5 Acta de la reunión con Daniel Cruz

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticollisión de los Aeropuertos
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Daniel Cruz, Aleix
FECHA Y HORA	29/03/2014 (11:00h-12:00h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Cuestiones planteadas para un controlador aéreo
2.- INFO ADICIONAL	Interesante información desconocida

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo evitáis el vuelo de globos, parapentes, ala deltas, <i>drones</i> o pájaros cerca de un aeropuerto? Sin autorización de dichas aeronaves, les está prohibido penetrar en la CTR de un aeródromo. 2. En caso que alguien no cumpla la normativa, y un parapente entre dentro de la zona de despegue o aterrizaje, ¿con que sistemas lo detectáis y cuáles son los procedimientos para evitar la colisión? Los radares primarios y secundarios detectarían dichos targets, aunque también dependerá de sus tamaños. Un dron de dimensiones pequeñas será difícil que un radar primario lo detecte. 3. ¿Primero avisáis a las aeronaves que hagan una operación de espera, tratáis de resolver el conflicto con ese target inesperado, y más tarde se sigue con las operaciones aeroportuarias previstas? No pueden entrar en la CTR. 4. ¿En un aeropuerto como el Prat tenéis radares que mapean el espacio aéreo y informáis a los pilotos de targets peligrosos? Los radares primarios detectan los targets aunque no los identifican. Los radares secundarios identificarán la aeronave siempre y cuando esta lleve un <i>transponder</i> a bordo. Para un radar primario, le será difícil detectar un dron por sus pequeñas dimensiones. Sería interesante estudiar la implementación de un <i>transponder</i> a bordo para que el radar secundario pueda identificar el dron. De todas formas, por el momento tienen prohibido operar cerca de aeródromos. 5. ¿Qué permisos tienen los <i>drones</i> en operar cerca de un aeropuerto? Por ejemplo, si tuviera que sobrevolar el río del Llobregat para controlar plagas de insectos en los conreos, ¿cómo podría realizar esta operación sin que interfiriera en las operaciones del aeropuerto del Prat? Por el momento, un dron no puede penetrar dentro de la CTR de un aeródromo a menos que se haya declarado una TSA dentro de dicha CTR. Al no tener una definición exacta de los drones en lo que se refiere a sus operaciones, deberán operar en el espacio aéreo no controlado por el momento. Cabe decir que actualmente se está redactando el real decreto que regulará las operaciones de los drones, y seguramente se incluirá procedimientos de pedir permisos para operar cerca de aeropuertos.

6. Para la flota de drones de HEMAV, ¿qué métodos, consideraciones o operaciones considerarías oportunos para no interferir con una aeronave o con la seguridad de un aeropuerto? En primer lugar, no penetrar en la CTR de ningún aeródromo (por este motivo consultar en el AIP de Aena las cartas VAG). Por el momento se tratará un drone sea cual sea su tamaño y uso, como una aeronave que se le permite volar en el espacio aéreo no controlado hasta que salga publicado el real decreto de finales de año donde se definirá con más detalle la regulación de los drones.

Por otra parte, si la intención de este proyecto es detectar y evitar la colisión entre aeronaves, es recomendable equipar con un **transponder** el UAV, aunque solo evitaría las aeronaves también equipadas con la misma tecnología (TCAS). Además, los radares secundarios de los aeropuertos podrían identificar los drones. *(Daniel Cruz no conoce otro sistema capaz de detectar targets)*

DISCUSIÓN

2.- Información extra

En estos momentos se está definiendo Drone y Aeromodelismo ya que aun no está claro. Finales de año saldrá un decreto a España sobre regulación de los drones.

En el Real Decreto se definirá el drone según su uso y tamaño: Científico (Aeromodelo) – Negocio (Drone/RPA).

TSA: Espacio aéreo segregado no controlado pero se debe pedir permisos. En caso que el drone sea para uso de negocio deberá pedir permisos a AESA.

Dentro de CTR de un aeródromo nunca se puede operar a menos que se haya declarado una TSA. Encontraremos el radio de las CTR de dicho aeropuerto en el AIP de Aena en las cartas de aproximación visual (VAG). En general el radio es de unas 5 – 10 millas.

De momento, los drones pueden operar en el espacio aéreo no controlado (150m de altura i 500m de radio)

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
Contactar con Xavi Silva (HEMAV) sobre el Real Decreto	Aleix	4/04/2014	7/04/2014

C.6 Acta de la reuni3n con Jordi Gelabert

REUNI3N CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNI3N	Sistemas de detecci3n y anticoli3n del ACC - Gavà
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Jordi Gelabert, Aleix
FECHA Y HORA	01/04/2014 (09:30h-11:30h)

Temas del orden del d3a

1.- T1.2. CUESTIONES	Cuestiones planteadas para un controlador a3reo
2.- INFO ADICIONAL	Interesante informaci3n desconocida

DISCUSI3N	1.- T1.2. Cuestiones
	<p>1. ¿C3mo evitáis el vuelo de globos, parapentes, ala deltas, <i>drones</i> o p3jaros cerca de un aeropuerto? Mediante la tecnolog3a radar actual de los aeropuertos espa3oles serian indetectables a menos que estos usuarios tuvieran a bordo un <i>Transponder</i> del cual facilitar3a la identificaci3n del mismo por el centro de controladores a3reos (ACC).</p> <p>2. En caso que alguien no cumpla la normativa, y un parapente entre dentro de la zona de despegue o aterrizaje, ¿con que sistemas lo detectáis y cu3les son los procedimientos para evitar la colisi3n? Los radares primarios y secundarios detectar3an dichos targets, aunque tambi3n depender3 de sus tama3os. Un drone de dimensiones peque3as ser3 dif3cil que un radar primario lo detecte.</p> <p>3. ¿Primero avisáis a las aeronaves que hagan una operaci3n de espera, tratáis de resolver el conflicto con ese target inesperado, y m3s tarde se sigue con las operaciones aeroportuarias previstas? No pueden entrar en la CTR.</p> <p>4. ¿En un aeropuerto como el Prat ten3is radares que mapean el espacio a3reo y inform3is a los pilotos de targets peligrosos? Los radares primarios detectan los targets aunque no los identifican. Los radares secundarios identificar3n la aeronave siempre y cuando esta lleve un <i>transponder</i> a bordo. Para un radar primario, le ser3 dif3cil detectar un drone por sus peque3as dimensiones. Ser3 interesante estudiar la implementaci3n de un <i>transponder</i> a bordo para que el radar secundario pueda identificar el drone. De todas formas, por el momento tienen prohibido operar cerca de aer3dromos.</p> <p>5. Para la flota de <i>drones</i> de HEMAV, ¿qu3 m3todos, consideraciones o operaciones consider3is oportunos para no interferir con una aeronave o con la seguridad de un aeropuerto? En primer lugar conocer los riesgos y obtener la m3xima informaci3n posible de estos. De esta manera podremos analizar cu3l es la tecnolog3a m3s adecuada para predecir el estado futuro en que se encontrar3 el obst3culo y establecer una</p>

resolución para evitar la colisión.

Podríamos clasificar los obstáculos de la siguiente forma:

- **Fijos** (Detectarlo únicamente)
- **Móviles** (Detectar que exista y predecir su trayectoria)
 - o **Conocidos**
 - o **No conocidos**

De estos posibles casos, el que realmente es muy difícil de dar con una solución al problema es con los obstáculos móviles y desconocidos. **¿Que qué quiero decir con desconocidos?** En el espacio aéreo controlado, tenemos toda la información de cualquier aeronave que este dentro de dicho sector. De esta manera el riesgo de colisión lo podemos mitigar. Gracias al radar secundario y al *transponder* de las aeronaves, los controladores podrán saber su identificación, su altura de crucero, velocidad, rumbo, entre otros. Simplemente, en los centros de control del tráfico aéreo se cargan en los ordenadores todos los planes de vuelo de las aeronaves y se predicen las trayectorias para reducir el riesgo de colisión entre ellas. Por este motivo, si no se supiera sus planes de vuelo de antemano, sería muy difícil predecir sus trayectorias y una colisión futura. Los controladores tendrían una responsabilidad demasiado grande para poder dar con una resolución con poco margen de tiempo. Conociendo sus futuras trayectorias se puede detectar una colisión de trayectorias en los próximos 20 minutos.

En conclusión, es demasiado difícil detectar un obstáculo desconociendo sus variables (plan de vuelo). Si HEMAV tiene las intenciones de penetrar en un futuro el espacio aéreo controlado, deberá implementar el sistema *transponder* para ser detectado por los radares secundarios y, el *drone* en cuestión será tratado como una aeronave más. El *drone* deberá responder a los radares secundarios enviando su plan de vuelo para poder volar con seguridad y responder a las acciones de los controladores (ya sea el *drone* automáticamente o un piloto en tierra). Pero remarco que solo evitará aeronaves que estén identificadas.

- **Jordi no tiene la menor idea de cómo detectar y evitar un obstáculo sin previo conocimiento de su plan de vuelo.**

Otro aspecto que es interesante a estudiar es implementar una tecnología en la flota de *drones* de HEMAV para que todos ellos puedan volar en sincronía y formación, evitándose entre ellos en caso de colisión. Siempre que se conozcan los planes de vuelo de ante mano facilitará la predicción de las trayectorias de las aeronaves y su intención.

- **Jordi recomienda a este trabajo el estudio de sistemas de detección y resolución de obstáculos fijos y por otro lado, implementar un sistema a los *drones* de HEMAV que se detecten entre ellos y siempre eviten su colisión (vuelo en formación) y un *transponder* para operar en el sector aéreo controlado, es decir, obstáculos móviles conocidos.**

DISCUSIÓN

2.- Información extra

Medium Term Conflict Detection (*Presentación*)
(20min)

- **Trayectoria Planificada:** Se calculan las trayectorias del plan de vuelo de cada aeronave. Se podrán detectar conflictos en los siguientes 20 minutos

mediante las posiciones en el espacio, velocidad y rumbo. Las trayectorias se discretizan → entre dos aeronaves se comparan sus posiciones previstas (aplicando una área de incertidumbre) y si la separación entre aéreas de incerteza es menor que una separación de interés se considerara una colisión.

- **Trayectoria Táctica:** las aeronaves pueden cambiar sus velocidades, rumbos y altitudes durante el vuelo (plan de vuelo se ve modificado) → Corto abasto
- **Trayectoria de Coordinación:** transferencia entre sectores por ejemplo.
- **Trayectoria de Desviación:** por ejemplo, en caso que una aeronave este realizando un ascenso o cambio de rumbo imprevisto según el plan de vuelo, se aplicará la trayectoria nueva.

En el aeropuerto del Prat no están equipados con el sistema ADS. Tampoco a los controladores les aparece en sus pantallas targets detectados por los radares primarios.

El sistema ADS da información adicional al centro de control de tráfico aéreo. Los sistemas de a bordo de la aeronave calculan su posición mediante una triangulación con un sistema de navegación por satélite. De esta manera otorgan una mayor y exacta predicción de sus futuras posiciones al centro de control.

El sistema de resolución de conflictos de los centros ATC deben estar tan bien diseñados para que no ocurra ninguna confusión. Es decir, es tan mal sistema ese que te detecte como todo un conflicto (falsos positivos) como aquel que no te detecte ninguno (falsos negativos). Es importante que el sistema contemple cualquier tipo de trayectoria que pueda suceder en casos reales. No solo predecir conflictos de trayectorias planificadas sino también las trayectorias tácticas, de coordinación y de desviación.

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
Discutir nuevos objetivos del proyecto con Carlos Ferraz	Aleix	11/04/2014	11/04/2014

C.7 Acta de la reunión con Gil Sala

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión de UAV
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Gil Sala, Aleix
FECHA Y HORA	02/04/2014 (09:30h-10:30h)

Temas del orden del día

1.- PFG PRESENTE	Hablar de la situación actual del proyecto y su enfoque
2.- PFG FUTURO	Recomendaciones según su punto de vista para que el proyecto sea de utilidad en tema de operaciones y seguridad de HEMAV

DISCUSIÓN	1.- PFG presente
<p>Se le ha explicado a Gil los avances del proyecto y sus perspectivas con la finalidad de ponerlo en contexto. Le parece genial que se estudie los procedimientos que se deberían realizar para mitigar la probabilidad de colisión en los escenarios que se vayan a operar, por ejemplo, un mapa de Cataluña donde se marquen las zonas de mayor vuelo de ala deltas, practicas de vuelo del aeródromo de Sabadell, globos...</p>	
DISCUSIÓN	2.- PFG futuro
<p>Se ha comentado que dentro de poco, saldrá un borrador de la regulación de drones en el espacio aéreo debido a los recientes accidentes de drones. Por este motivo, como no se sabe lo que las autoridades decidirán respecto el vuelo de los drones, puede que estudiar sistemas de detección de obstáculos y sistemas de anticolidión e implementarlos seria poco provechoso porque dentro de unos meses si sale una directriz, esta te puede limitar las operaciones de drones con otros sistemas que no se habían estudiado.</p> <p>Para el trabajo, enfocar el estudio para obtener unos procedimientos de mitigación de la probabilidad de colisión es bastante más provechoso, es decir, estimar el tráfico de globo durante la semana y un domingo. Ver como el tráfico se reduce o se incrementa en función de la meteorología. Al final sacar una base de dadas donde se especifique que en cierto lugar de operación, obtendremos 70% de probabilidad de colisión con aeronaves si es un domingo y si la visibilidad es superior al 50%. En cambio, puede que durante la semana el trafico de aeronaves (Cessna) se reduzca un 60% aunque la visibilidad sea mayor, entonces la probabilidad de colisión se verá reducida un 30%.</p> <p>En conclusión, tenemos tres planes de estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operaciones (mapa, base de datos) - Técnico: <ul style="list-style-type: none"> o Que sistemas implementaremos en nuestros drones para detectar a los otros y conocer que metodologías utilizan para no colisionar entre ellos. Esto se puede ver modificado por ley en los próximos meses. 	

- Tratar de pensar que aspectos tratará las autoridades de regulación de la circulación aérea en caso de los drones. Es decir, ¿recomendará implementar transponder, delimitará las zonas de vuelo, impondrá distancias de seguridad en distintos escenarios...? → Para ello, se podría estudiar como otros países han tratado este tema de la legalidad de los drones.

Por último, Gil ha comentado distintas empresas de drones que podrían ser de interés para hablar con ellos: Columbus, Aeroshot, CatUAV.

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
Contacto Piloto Helicóptero	Gil	-	-
AIP Francesa (Judith de HEMAV)	Aleix	11/04/2014	11/04/2014
Contactos Empresas de Drones	Aleix	11/04/2014	11/04/2014

C.8 Acta de la reunión con Xavi Silva

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión de UAV - Legislación
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Xavi, Judith, Aleix
FECHA Y HORA	03/04/2014 (09:30h-10:30h)

Temas del orden del día

1.- REGULACION UAV	Hablar de la situación actual de la legislación a España de los UAVs
2.- ENFOQUE DEL PFG	Recomendaciones según su punto de vista para que el proyecto sea de utilidad en tema de operaciones y seguridad de HEMAV

DISCUSIÓN	1.- Regulación UAV
	<p>HEMAV pertenece al grupo AERPAS. EASA y SENASA son organizaciones de fomento que se encargaran de redactar el Real Decreto que regule la circulación de drones en España. El grupo AERPAS dará el feedback.</p> <p>Tienen pensado en definir los drones según:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intención <ul style="list-style-type: none"> o Uso científico o Uso económico - Situación <ul style="list-style-type: none"> o Zonas pobladas o No poblada - Diurno o Nocturno - Según Operación → Requerimientos → Asociado al peso de las aeronaves <ul style="list-style-type: none"> o VLOS o No VLOS <p>Los drones serán catalogados como Aerodinos o Aerostatos y después según el peso de la aeronave.</p> <p>Según el peso de la aeronave se necesitara un piloto homologado, aeronave y empresa gestora con certificados ambos. Cuanto mayor sea el peso del drone, más difícil será obtener la homologación del piloto y resultará más caro obtenerlo también.</p> <p>Se ha presentado un esbozo (Judith me lo ha enviado), donde se puede ver ciertos aspectos pero aun no están demasiado claros.</p> <p>Los franceses otorgan categoría I a los drones que pesen menos de 2kg, en cambio en el caso de España sería categoría I los drones con peso menor a 10kg.</p>

Operar en Zona Poblada → Vuelo en Visual, peso de la aeronave menor a 10kg.
 Operar en Zona no Poblada → Vuelo en VLOS o en BVLOS (más permisos)

En conclusión, el panorama aun no está nada claro ya que es normal, como se podrá regular el tráfico de drones por todo un territorio. Es demasiado difícil controlar si un joven hace volar en cierto lugar un parrot (no deja de ser un juguete que uno puede conseguir). Se necesita una definición de drone, UAV, RPA más claro.

DISCUSIÓN

2.- Enfoque del PFG

A la hora de definir los escenarios será bueno obtener unas limitaciones de seguridad operacional mucho más restrictivos que los que impondrá el Decreto de Fomento (aun desconocido y muy poco definido).

Interesante tener presente el enfoque de las autoridades francesas. (Judith ha hecho un buen estudio respecto a esto).

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
AIP Francesa y primer esbozo del Decreto Español (Judith)	Aleix	11/04/2014	11/04/2014

C.9 Acta de la reunión con Oriol Fernández

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión de los Paracaidista
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Oriol Fernández, Aleix
FECHA Y HORA	09/07/2014 (20:00h-21:00h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Entrevistar a Oriol Fernández, aficionado al paracaidismo y piloto de parapente
2.- INFORMACIÓN ADICIONAL	Interesante información desconocida
3.- CONTACTOS	Nuevos contactos relacionados con el campo de los parapentes

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
<p>Oriol Fernández se dedica a los saltos en paracaídas y también al pilotaje de planeadores como lo es el parapente. Me comentó que al tratarse de una afición, se podría definir como un deporte sus dos modalidades.</p> <p>Aquí se plantean las cuestiones planteadas y sus respuestas.</p> <p>Cuestiones:</p> <p>1.13. ¿Pedís autorizaciones para volar en el espacio aéreo no controlado en cierto lugar y tiempo? En los saltos de caída libre ya hay unas zonas establecidas para ello. Como los saltos son de mucha altitud de hasta los 12.000 pies, es inevitable cruzar el espacio aéreo controlado aunque el aeroclub en cuestión ya está preparado para hacer frente a estas situaciones. En las cartas de navegación ya está indicado las zonas de salto en paracaídas y las aeronaves que vuelan cerca de estos sitios ya lo saben.</p> <p>1.14. De todas formas, ¿siempre estáis pendientes por posibles conflictos durante el vuelo? Si, aunque obstáculos que estén en el aire solo los veríamos a simple vista si son grandes. Obstáculos como pájaros o drones son de dimensiones más reducidas y no podríamos esquivarlos a tiempo debido a nuestras velocidades. Durante el vuelo no tenemos sistemas de detección con otras aeronaves ya que ellas ya conocen nuestro espacio de saltos aunque sí que estamos pendientes de peligros que sucedan entre saltadores. Cada 5 o 10 segundos se establece la separación mínima entre saltadores para evitar conflictos. Cabe decir que existen varios tipos de saltos, los saltos en grupo para hacer figuras en el aire, los saltos con instructor (biplaza), saltadores individuales, etc. Finalmente, se establece que en los últimos 3000 pies se suele abrir el paracaídas para hacer el último descenso y aterrizar en el lugar acordado y conocido.</p>	

1.15. ¿Tenéis consciencia de los UAVs? Sabemos poco sobre ellos. La cuestión es que si son de dimensiones reducidas, parecidas a pájaros, para un saltador le es difícil verlo de lejos y además tener la capacidad de esquivarlo. No conozco ningún caso en que un saltador haya colisionado con un pájaro aunque la razón es que ellos mismos ya nos evitan. Cabe decir que si el servicio que dan los drones es mayoritariamente civil, no nos los encontraremos hasta nuestra última fase de descenso (los últimos 3000 pies) donde tenemos el paracaídas desplegado. Entonces nuestra velocidad ya es más reducida y podríamos verlos a simple vista aunque con alguna ayuda visual para detectarlos nos aportaría una mejor seguridad.

Recomendaciones:

3.7. Para la flota de drones de HEMAV, ¿qué métodos consideraréis oportunos para no interferir con globos? Que tengan en cuenta las zonas de vuelo deportivo como los saltos en paracaídas, ala delta, parapentes, entre otros.

3.7.1. ¿Sistema electrónico en concreto? Los paracaidistas solo llevamos un altímetro de mano para saber cuando desplegar el paracaídas y un sistema de apertura automática del reserva (AAD) en la mochila. En el caso de los pilotos de parapente llevan GPS para navegar y una emisora de radio también.

3.7.2. ¿Sistemas visuales a implementar a los drones como luces, color distintivo? La velocidad de vuelo del paracaidismo es muy elevada y la capacidad de reacción del saltador es reducida. Puede que con colores vivos podamos apreciarlos o simplemente distinguirlos del entorno. Cabe decir que objetos de la medida de pájaros grandes no los vemos hasta que ya nos los encontramos encima. Deben ser objetos grandes como avionetas para tener tiempo de esquivarlos durante el descenso. Puede que si se equipara el dron con un espejo o luces que se vieran de día y brillara de muy lejos nos ayudaría a identificarlos.

DISCUSIÓN

2.- Información adicional

Algunas veces volamos con radio para la navegación en el ultimo descenso con el paracaídas desplegado para comentar entre saltadores incidencias en el aterrizaje o imprevistos meteorológicos, cambios de zona de aterrizaje también.

Podríamos clasificar el ala delta y el paracaidismo como dos modalidades incompatibles con los drones debido a su alta velocidad de vuelo y su baja capacidad de anticipación de los pilotos. En cambio, para un piloto de parapente o para-motor, como su vuelo es más lento, obtiene más capacidad y tiempo de anticipación si detectara un dron. Además, que la mayoría llevan emisora de radio y GPS para navegar y contactar entre pilotos de parapente o el segmento de tierra por alguna incidencia en vuelo, zonas de corrientes térmicas que aportarían más tiempo de vuelo...

DISCUSIÓN

3.- Contactos

Me facilitará contactos de pilotos de parapente.

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
3. Contactos	Aleix Ripoll	17/07/2014	17/07/2014

C.10 Acta de la reunión con Delfí López

REUNIÓN CONVOCADA POR	Aleix
TIPO DE REUNIÓN	Sistemas de detección y anticolidión de los ultraligeros y aeronaves
ORGANIZADOR	Aleix
APUNTADOR	Aleix
ASISTENTES	Delfí López, Aleix
FECHA Y HORA	14/07/2014 (17:00h-18:30h)

Temas del orden del día

1.- T1.2. CUESTIONES	Entrevistar a Delfí López, piloto de ultraligeros y licencia PPL
2.- INFORMACIÓN ADICIONAL	Interesante información desconocida
3.- CONTACTOS	Nuevos contactos relacionados con el campo de las aeronaves

DISCUSIÓN	1.- T1.2. Cuestiones
<p>Delfí López es piloto de ultraligeros y de aeronaves privadas con licencia PPL. Realiza vuelos con fines lucrativos en los fines de semana u otras fechas festivas.</p> <p>Aquí se plantean las cuestiones planteadas y sus respuestas.</p> <p>Cuestiones:</p> <p>1.16. ¿Pedís permisos para volar en una ruta establecida y os aseguráis que en este trayecto no abran usuarios que interfieran como globos, drones, parapentes, planeadores...? La mayoría de pilotos que realizamos vuelos cortos de Sabadell a Girona por ejemplo, deberíamos consultar a NOTAMS y publicar nuestro plan de vuelo con la finalidad de que todos supiéramos los planes de vuelo y así evitar posibles conflictos. De todos modos, la inmensa mayoría no publican su trayectoria ni consultan si se encontrarán con otros obstáculos en el aire. Simplemente durante el vuelo estamos pendientes constantemente de cualquier target inesperado. A ser así, se contacta con radio indicando la posición de tu aeronave y tu altitud QNH.</p> <p>1.16.1. Aunque tengáis permisos, ¿Qué sistemas usáis para detectar targets y evitarlos en caso que “alguien se salte las normas”? En las altitudes que volamos los ultraligeros y realizando un vuelo visual con buena meteorología y visibilidad, no tenemos sistemas de detección y anticolidión significativos con altas prestaciones. Estamos volando en la zona no controlada del espacio aéreo. En primer lugar tenemos un GPS AVmap o Garmin que está preparado para marcarte según tu altitud de vuelo, como es la topografía que te rodea, marcando en áreas rojas, las zonas que colisionarías con el terreno. Este sistema también nos ayuda si la visibilidad es reducida por un cambio de meteorología repentino. A bordo llevamos la radio para contactar con los aeródromos, centros de control aéreo, aeronaves... y también un transpondedor.</p>	

Recomendaciones:

4.7. Para la flota de drones de HEMAV, ¿qué métodos considerarías oportunos para no interferir con aeronaves o ultraligeros? Por los servicios que ofrecen los drones, en primer lugar como no hacen grandes trayectorias y se centran solo en dar servicio en una aérea local y pequeña, reservaría el espacio aéreo para ellos los primeros 300 pies, unas altitudes demasiado bajas para que otra aeronave pueda volar a menos que esté realizando una operación de salida o aproximación a un aeródromo. Con esto ya se reduciría la probabilidad de colisionar con drones. En segundo lugar equipar el drone con un transpondedor, un sistema que sería detectable por los centros de control aéreo, que avisarían a las aeronaves cercanas al drone de su presencia. Otro sistema electrónico que podrían llevar los pilotos del drone es una radio para contactar con las aeronaves, ultraligeros, globos y parapentes de la presencia del drone en sus cercanías si fuera el caso que los pilotos vieran de lejos a ese target. Cabe decir que algunos pilotos de ultraligeros, parapentes, globos... ni llevan transpondedor o no lo activan ni radio por lo que se requeriría otro sistema visual para que estas vieran al drone y lo evitaran. Es interesantes pintar de color rojo la parte delantera del drone para indicar que se te acerca hacia ti, y de color blanco la parte trasera indicando que se aleja de ti. Utilizar luces parpadeantes también es otra opción interesante. Finalmente, publicar NOTAMS es otra opción cuando se tratara de operaciones locales.

4.7.1. ¿Sistema electrónico en concreto? Los ultraligeros y otros tipos de aeronaves utilizan **radio y transpondedor**. De esta forma, si los pilotos del drone llevaran una radio para el contacto inmediato con otros targets que se acercaran a la posición del drone y supieran su altitud en vuelo, sería muy fácil de evitarse. En el caso que el drone se equipara con un transpondedor, el centro de control aéreo podría detectar la presencia del drone y avisar a las aeronaves cercanas a su posición.

4.7.2. ¿Metodología operacional? Es decir, ¿pedir permisos y tener presente las zonas donde hay reservado un vuelo en ultraligero? En primer lugar, se **debería limitar y reservar los primeros 300 pies** a los drones para sus servicios y de esta manera ya se evitaría el riesgo a la posible colisión con ellos. Por otro lado, los operadores de los drones deberían **publicar y consultar NOTAMS y la meteorología**. Aunque la gran mayoría de pilotos de ala deltas, globos, ultraligeros, planeadores, parapentes y para-motores solo les interesa la meteorología del día en que quieran volar, simplemente para tener buena visibilidad (alrededor de 5km), el viento que habrá en cierta altitud y corrientes térmicas.

4.7.3. ¿Sistemas visuales a implementar a los drones como luces, color distintivo? Como he comentado, pintar de color rojo la parte delantera del drone indicara a cualquier aeronave que lo detecte visualmente que se le está acercando hacia él (es más problemático porque las velocidades van en sentido contrario y se topan antes) y de color blanco la parte trasera del drone indicando que su velocidad de vuelo se aleja de target que lo ha detectado. Utilizar **luces rojas y blancas que vaya parpadeando** podría ser una mejor alternativa. Para que la mayoría de los targets que vuelan en el mismo espacio aéreo no controlado, la mejor solución a que detecten un drone es equiparlo con

efectos visuales ¡sin duda!

DISCUSIÓN

2.- Información adicional

Registrarse en: <http://notampib.aena.es/icaro> Para la consulta de NOTAMS y la meteorología.

PLANES DE ACCIÓN	RESPONSABLE	PLAZO	FECHA ENTREGA
Estudiar cómo se consultan y publican los NOTAMS	Aleix	20/07/2014	20/07/2014
Profundizar en el sistema transpondedor y radio aeronáutica	Aleix	20/07/2014	20/07/2014
Sistemas visuales (color y luces parpadeantes)	Aleix	20/07/2014	20/07/2014

FIN DEL DOCUMENTO