APÉNDICE S (18/09/2018)

GUÍA SOBRE EL CONTENIDO DEL ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD

El presente documento consta, por un lado, del esquema básico de un estudio aeronáutico de seguridad y del contenido mínimo que debe contener, y por otro, de una guía para su elaboración mediante la metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment) desarrollada, específicamente para operaciones con RPAS, por el Grupo de Trabajo 6 de la iniciativa JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems).

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en su Doc. 9859, Manual de gestión de la seguridad operacional define la seguridad operacional como el estado en que el riesgo de lesiones a las personas o daños a los bienes se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos.

Se puede entender que un estudio de seguridad aeronáutico (EAS) como el proceso por el cual se utiliza un análisis de riesgos para tomar decisiones a la hora de plantear operaciones aéreas. Un estudio aeronáutico de seguridad se materializa en un documento, que incluye las evidencias que soportan dicho estudio. Además, debe estar firmado por la(s) persona(s) responsable(s) de la seguridad del operador, y las terceras partes implicadas, en su caso, en aquellos apartados que corresponda. Por tanto, un estudio de seguridad es una herramienta que posee el operador para determinar, de una manera sistemática, qué operaciones, y en qué condiciones puede realizarlas.

Un estudio aeronáutico de seguridad se debe realizar de manera que se analicen las amenazas, peligros y los riesgos que acarrearían la operación pretendida. Para ello, el operador, podrá valerse de cualquier metodología que sea adecuada para este objetivo. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en su Doc. 9859, Manual de gestión de la seguridad operacional, establece las siguientes líneas generales para la gestión de riesgos:

a. Identificación de amenazas/ peligros.
b. Establecer consecuencias/ daños.
c. Asignar probabilidades de ocurrencias y determinar la severidad en caso de que ocurran.
d. Establecer el riesgo.
e. Determinar cuándo se considera un nivel de riesgo aceptable.
f. Establecer mitigaciones, en su caso.

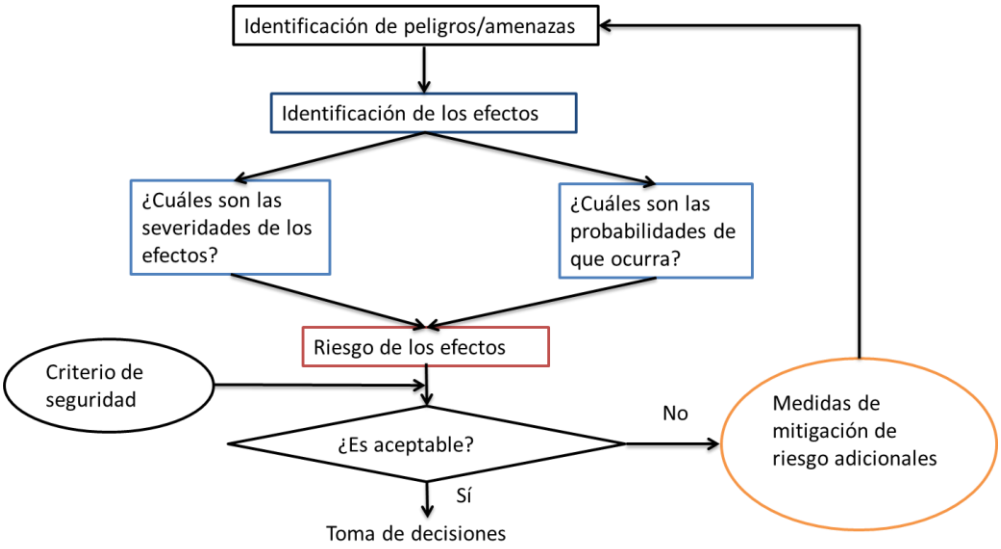


Figura 1. Proceso básico de la gestión de riesgos

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

1. METODOLOGÍA GENERAL

En general, cualquier estudio de seguridad debe contemplar los siguientes aspectos, de acuerdo al Doc. 9859 de OACI:

a. Identificación de Amenazas/ peligros

- A efectos de entender adecuadamente lo que debe entenderse por amenaza y peligro, en relación a los estudios de seguridad para operaciones de RPAS, se establecen las siguientes definiciones:
  - **Peligro**: cualquier condición, evento o circunstancia que pueda generar un daño que afecte a la seguridad de la operación.
  - **Amenaza**: situación o condición latente que, en ausencia de barreras apropiadas, puede generar un peligro.
- Se debe realizar un identificación y priorización de peligros.
- Se debe tratar de cubrir todas las posibles amenazas para la operación pretendida. Como orientación la tipología de amenazas debería cubrir los siguientes aspectos:
  - Fallo técnico del RPAS
  - Error humano
  - Colisión en el aire
  - Condiciones adversas de operación
  - Deterioro de los sistemas externos que apoyan a la operación

b. Establecer Consecuencias/ Daños

Se debe establecer cuáles pueden ser las consecuencias derivadas de los peligros. Estas se traducirán en daños. En particular para el caso de operaciones con RPAS las consecuencias podrían conllevar:

- Lesiones mortales a terceras partes en tierra.
- Lesiones mortales a terceras en el aire.
- Daños a infraestructuras críticas.

c. Asignar probabilidades de ocurrencias y determinar la severidad en caso de que ocurran.

Se debe asignar **probabilidades de ocurrencias** y determinar la **severidad o gravedad** en caso de que ocurran. Con las siguientes preguntas se puede ayudar a determinar dicha probabilidad:

a) ¿Existe un historial de sucesos similar al que se considera o es este un suceso aislado?
b) ¿Qué otros equipos o componentes del mismo tipo tienen defectos similares?
c) ¿Cuántos miembros del personal siguen los procedimientos en cuestión, o están sujetos a ellos?
d) ¿Qué porcentaje del tiempo se usa el equipo sospechoso o el procedimiento cuestionable?
e) ¿Hasta qué grado existen implicaciones institucionales, administrativas o reglamentarias que pueden reflejar mayores amenazas para la seguridad pública?

En la tabla a continuación, se incluyen cinco categorías para denotar la probabilidad relacionada con un evento o una condición inseguros, la descripción de cada categoría y una asignación de valor a cada categoría.

Probabilidad	Significado	Valor
Frecuente	Es probable que suceda muchas veces (ha ocurrido frecuentemente)	5
Ocasional	Es probable que suceda algunas veces (ha ocurrido con poca frecuencia)	4
Remoto	Es poco probable que ocurra, pero no imposible (rara vez ha ocurrido)	3
Improbable	Es muy poco probable que ocurra (no se sabe si ha ocurrido)	2
Sumamente improbable	Es casi inconcebible que ocurra el evento	1

Tabla 1. Tabla de probabilidad del riesgo de seguridad operacional

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Para la severidad se puede utilizar la siguiente tabla:

Severidad	Significado	Valor
Catastrófico	• Equipo destruido • Varias muertes	A
Peligroso	• Una gran reducción de los márgenes de seguridad operacional, estrés físico o una carga de trabajo tal que ya no se pueda confiar en los explotadores para que realicen sus tareas con precisión o por completo • Lesiones graves • Daño importante al equipo	B
Grave	• Una reducción importante de los márgenes de seguridad operacional, una reducción en la capacidad de los explotadores para tolerar condiciones de operación adversas como resultado de un aumento en la carga de trabajo o como resultado de condiciones que afecten su eficiencia • Incidente grave • Lesiones para las personas	C
Leve	• Molestias • Limitaciones operacionales • Uso de procedimientos de emergencia • Incidente leve	D
Insignificante	• Pocas consecuencias	E

Tabla 2. Tabla de gravedad del riesgo de seguridad operacional

d. Establecer el riesgo

El nivel de riesgo esperado, entendido como el número de «lesiones mortales» por hora de vuelo, se puede plasmar a través del **producto de la probabilidad por la severidad**.

e. Determinar cuándo se considera un nivel de riesgo aceptable

Se debe establecer un nivel de riesgo aceptable, incluyendo la determinación de la tolerabilidad del riesgo de seguridad operacional, entendiéndose está como el estado en el que es aceptable o no la combinación de la probabilidad y la severidad. Puede ser de ayuda la matriz de riesgos expuesta en el punto siguiente.

f. Establecer mitigaciones, en su caso

El nivel de riesgo de seguridad operacional puede exportarse a una matriz de tolerabilidad del riesgo de seguridad operacional representando en filas la probabilidad del riesgo y en columnas su severidad, planteando los criterios de tolerabilidad para una organización en particular:

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Probabilidad del riesgo		Gravedad del riesgo				
		Catastrófico A	Peligroso B	Importante C	Leve D	Insignificante E
Frecuente	5	5A	5B	5C	5D	5E
Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Sumamente improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

Tabla 3. Matriz de evaluación del riesgo de seguridad operacional

Para la matriz de riesgos, el nivel de riesgo podrá ser “aceptable” (color verde), “inaceptable” (color rojo), o “inaceptable bajo las circunstancias existentes” (color amarillo) en función de la combinación de la probabilidad y la severidad del riesgo.

Si el criterio del riesgo de seguridad operacional evaluado cae en la categoría “inaceptable bajo las circunstancias existentes”, es decir aquello valores correspondientes al color amarillo de la matriz, el índice de riesgo de seguridad operacional de la consecuencia es inaceptable. Por tanto, la organización debe:

a) tomar medidas para **reducir la exposición de la organización** a un riesgo en particular, es decir, reducir el componente de probabilidad del índice de riesgo;
b) tomar **medidas para reducir la gravedad o severidad de las consecuencias** relacionadas con el peligro, es decir, reducir el componente de gravedad del índice de riesgo; o
c) **cancelar la operación** si la mitigación no es posible

La redacción y desarrollo de los contenidos del Estudio de Seguridad Aeronáutico debe ser coherente con el volumen del operador y la naturaleza y complejidad de sus operaciones.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

2. METODOLOGÍA SORA

El operador puede elegir desarrollar el estudio aeronáutico de seguridad con la citada metodología SORA, recomendada para aquellas operaciones de RPAS que puedan implicar cierto nivel de riesgo.
La documentación SORA proporciona una metodología que debe guiar tanto al operador como a la autoridad competente para establecer si una operación puede llevarse a cabo de manera segura, constituyendo una guía que permite plantear los medios de mitigación para las operaciones con RPAS y, por lo tanto, reducir el riesgo hasta un nivel aceptable. (Referencia: http://jarus-rpas.org/content/jar-doc-06-sora-package).
SORA es un Modelo de Riesgo Holístico (HRM - Holistic Risk Model) desarrollado para ayudar a la evaluación de los riesgos en la operación de un RPAS, presentando un marco genérico e integral para identificar los peligros, las amenazas, las mitigaciones y los objetivos de seguridad asociados a cualquier operación de RPAS.
Si se realiza el estudio aeronáutico de seguridad utilizando la **metodología SORA**, se puede usar de guía lo recogido en el Anexo I del presente documento, y en este caso, el estudio aeronáutico de seguridad deberá cubrir al menos los siguientes puntos:

0. PORTADA Y CONTACTO

- Portada identificando al operador y el título "Estudio aeronáutico de seguridad", datos de contacto y número de revisión del EAS.
- Índice paginado.
- Registro de revisiones
- Listado de páginas efectivas.

1. INTRODUCCIÓN

- Aprobación del EAS por el responsable de seguridad operacional o puesto equivalente.
- Objeto y alcance del EAS con breve descripción de las distintas partes del documento.
- Definiciones y siglas necesarias para utilizar el manual.

2. METODOLOGÍA UTILIZADA

- Planteamiento de la metodología utilizada para la elaboración del estudio aeronáutico de seguridad.

3. CONCEPTO DE OPERACIÓN (CONOPS) (Paso#1 SORA)

- Descripción clara, y de forma sencilla, el concepto de operación, incluyendo al menos (Anexo A SORA):
  - Tipo de actividad: Operación aérea especializada o vuelo experimental.
  - MTOW de la aeronave/s.
  - Altura de vuelo.
  - Tipo de espacio aéreo.
  - Tipo de zona donde se desarrolla la operación.
  - Horario de los vuelos.

  Además, **solo si se estima significativo para la operación** se deberá añadir información.
  - Técnica relevante:
    - Aeronave y limitaciones
    - Navegación
    - Mando y Control
    - Comunicaciones
    - Estructura
    - Software y equipos
  - Entrenamiento y formación. Competencias
- Descripción, de acuerdo al modelo semántico de SORA, las **distancias de seguridad** tanto en tierra como en aire para minimizar el riesgo.
- En este punto se debe analizar si se incluyen las coordinaciones con terceros necesarias de manera que se evidencian formalmente.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

4. DETERMINACIÓN DEL RIESGO INTRÍNSECO DE IMPACTO EN TIERRA (GRC INCIAL) (Paso#2 SORA)

- Determinación del **GRC intrínseco** (Inicial), indicando el tipo de operación prevista y de la dimensión y energía cinética del RPA, para los escenarios y aeronaves más críticas en relación con la operación pretendida.

5. DETERMINACIÓN DEL GRC (FINAL) (Paso#3 SORA)

- Determinación del **GRC Final**, indicando las mitigaciones a los daños aplicadas en su caso.

6. DETERMINACIÓN DEL RIESGO INICIAL DE COLISIÓN EN AIRE – ARC INICIAL (Paso#4 SORA)

- Determinación del **AEC crítico**, es decir el que suponga un mayor riesgo si la operación transcurre por diferentes AECs, y a través del mismo determinar del **ARC inicial**.

7. APLICACIÓN DE MITIGACIONES ESTRATÉGICAS PARA DETERMINAR EL ARC FINAL (OPCIONAL) (Paso#5 SORA)

- Aplicación de mitigaciones estratégicas para la reducción del riesgo y determinación del **ARC Final**:
  - **Mitigaciones estratégicas por restricciones operacionales.**
  - **Mitigaciones estratégicas por estructuración y reglas.**

8. CONSIDERACIONES DEL ESAPCIO AÉREO ADYACENTE (Paso#6 SORA)

- Proponer los **objetivos de contención** en el volumen de espacio aéreo pretendido, incluyendo:
  - Nivel de **integridad**.
  - Nivel de **garantía**.

9. REQUISITOS DE RENDIMIENTO DE LAS MITIGACIONES TÁCTICAS (TMPR: MITIGATION PERFORMANCE REQUIREMENT) Y NIVELES DE ROBUSTEZ (Paso #7 SORA)

- Descripción del planteamiento de un esquema de "See and Avoid" (Ver y Evitar): VLOS/EVLOS; o
- Lista las medidas de **mitigación tácticas** propuestas, indicando los **TRMP** en su caso. Nivel de robustez de TMPR, incluyendo:
  - Nivel de **integridad**.
  - Nivel de **garantía**.
- Análisis de la eficacia de los equipos para el volumen de espacio aéreo considerado.

10. DETERMINACIÓN DEL SAIL (SPECIFIC ASSURANCE AND INTEGRITY LEVEL) (Paso #8 SORA)

- Determinación del SAIL (Specific Assurance and Integrity Level).

11. IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL (OSO: OPERATIONAL SAFETY OBJECTIVES) (Paso #9 SORA)

- Listado de los **objetivos de seguridad operacional (OSO), con su nivel de robustez**.

12. INFORME EXHAUSTIVO DE SEGURIDAD (Paso #10 SORA)

- La siguiente información ha tenido que ser descrita en los apartados anteriores:
  - Mitigaciones utilizadas para modificar el GRC intrínseco.
  - Mitigaciones estratégicas para el ARC inicial.
  - Mitigaciones tácticas para el ARC final.
  - Objetivos de contención en el espacio aéreo deseado.
  - Objetivos de seguridad operacional (OSO) y mitigaciones asociadas.
- De acuerdo, al nivel de garantía de cada una de las mitigaciones anteriores y objetivos, se deben presentar las evidencias correspondientes.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

APÉNDICE S ANEXO I, revisión 1 (30/12/2019)

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO AERONÁUTICO DE SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN DE RPAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA SORA DE JARUS

El presente documento es anexo al Apéndice S, el cual establece los Medios Aceptables de Cumplimiento (AMC) sobre el contenido del estudio aeronáutico de seguridad para la operación de RPAS. Para ello, se presenta en este documento una guía para la elaboración de dicho estudio aeronáutico de seguridad siguiendo la metodología SORA a través de los diferentes pasos que esta plantea.

0. METODOLOGÍA UTILIZADA

A efectos de facilitar al operador la realización del estudio de seguridad, se propone este material guía basado en la metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment), elaborada por el Grupo de Trabajo 6 de la iniciativa internacional JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems). A continuación, se desgrana en las siguientes consideraciones lo expuesto en el Doc. 9859 de la OACI particularizado para la metodología SORA:

0.1. Consideraciones 9859 OACI para la metodología SORA (marco teórico SORA)

a. Identificación de amenazas.

En concreto, se deben analizar las amenazas que podrían conllevar:

- lesiones mortales a terceras partes en tierra;
- lesiones mortales a terceras partes en aire;
- daños a infraestructuras críticas.

La metodología SORA, como planteamiento holístico, trata de agrupar todas las posibles amenazas, clasificándolas en cinco grandes grupos:

- fallo técnico del RPAS;
- deterioro de los sistemas externos que apoyan la operación;
- colisión con una aeronave;
- error humano;
- condiciones adversas de operación.

b. Determinar los peligros y establecer las consecuencias o posibles daños.

Esta metodología considera como peligro existente que la operación se encuentre fuera de control, entendiendo dicha pérdida de control como aquellas situaciones en las que:

- el resultado de esta pérdida de control depende en gran medida de la providencia;
- no puede ser gestionada por un procedimiento de contingencia;
- hay peligro grave o inminente de que se causen lesiones mortales.

Se considera esta última como la más crítica.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

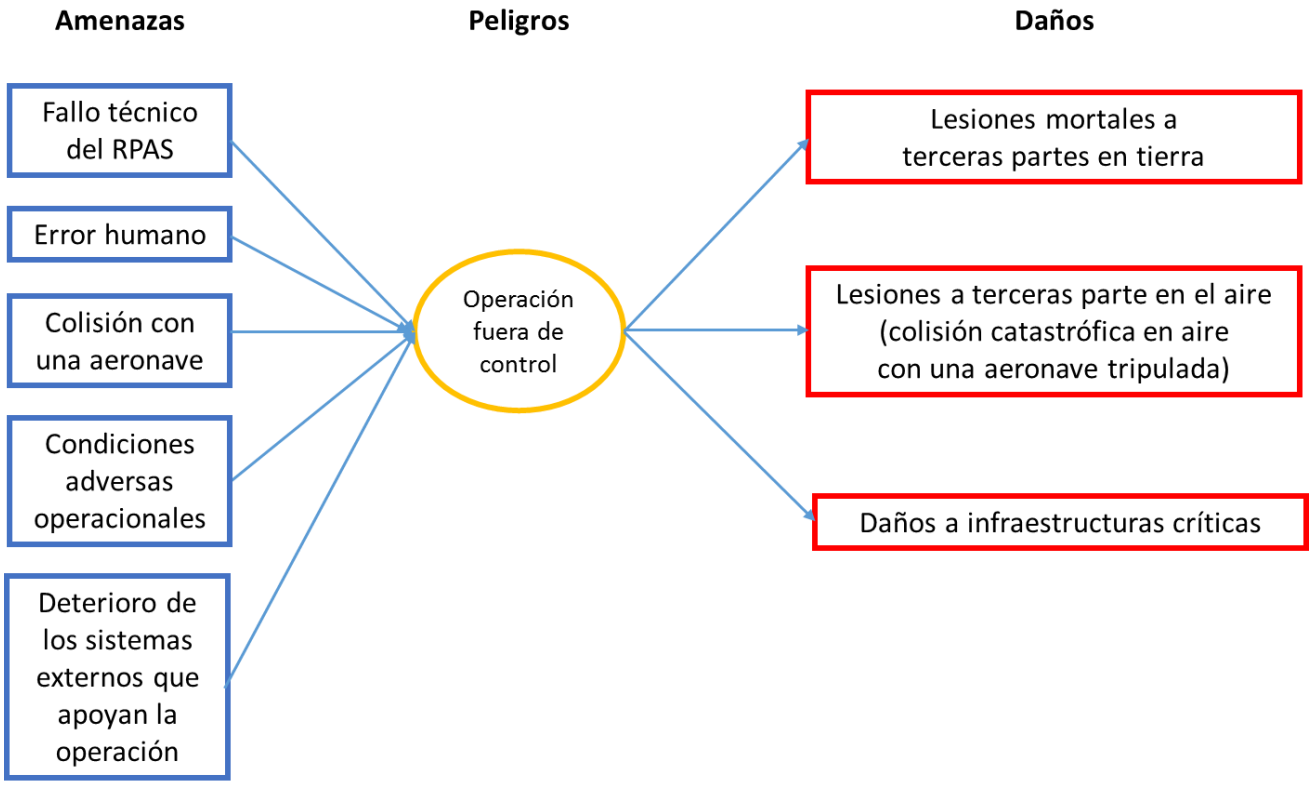


Figura 2. Amenazas, peligros y daños en el esquema de posible colisión en aire según la metodología SORA

c. Asignar probabilidades de ocurrencias y determinar la severidad en caso de que ocurran.

Se debe establecer un ratio o probabilidad de que se produzcan los daños planteados en SORA y asignar una severidad para estos eventos. La metodología SORA establece la probabilidad de que se produzcan lesiones mortales a terceras partes en tierra, lesiones mortales a terceras partes en aire y daños a infraestructuras críticas de acuerdo a los siguientes productos de forma respectiva:

Probabilidad de que se produzcan lesiones mortales a terceras partes en tierra:

Probabilidad de que el RPAS esté fuera de control	X	Probabilidad de que el RPA impacte contra una persona si la operación se encuentra fuera de control	X	Probabilidad de que, si se produce el impacto, cause lesiones mortales

Probabilidad de que se produzcan lesiones mortales a terceras partes en aire:

Ratio o probabilidad de encuentro con una aeronave tripulada	X	Probabilidad de que las mitigaciones estratégicas fallen	X	Probabilidad de que las mitigaciones tácticas fallen

Probabilidad de que se produzcan daños a infraestructuras críticas:

Probabilidad de que el RPAS esté fuera de control	X	Probabilidad de que el RPA impacte contra una infraestructura crítica si la operación se encuentra fuera de control	X	Probabilidad de que, si se produce el impacto, cause daños en la infraestructura crítica

Este modelo, además, considera que la severidad de una colisión tanto con personas como con aeronaves tripuladas se refleja en lesiones mortales en todos los casos, dotando al enfoque de un margen de seguridad adicional.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

d. Establecer el riesgo.

El nivel de riesgo pretendido, entendido como el número de «lesiones mortales» por hora de vuelo de acuerdo a lo descrito en el paso anterior a través del producto de la probabilidad por la severidad, queda determinado por la propia metodología SORA, la cual tiene en cuenta para los planteamientos y parámetros que aparecen en los distintos pasos de la misma.

e. Determinar cuándo se considera un nivel de riesgo aceptable.

La metodología SORA asume como nivel de riesgo aceptable, como máximo, el establecido de acuerdo al punto d.

f. Establecer mitigaciones, en su caso.

La propia metodología SORA propone una serie de mitigaciones:

- **mitigaciones** a los **daños** a **personas** en tierra;
- **mitigaciones estratégicas y tácticas** para el riesgo de **colisión con aeronaves tripuladas**;
- **mitigaciones** relativas a objetivos de **contención de la aeronave** en el espacio aéreo deseado;
- **mitigaciones** a las **amenazas** a través de los **objetivos de seguridad operacional** (OSOs)

0.2. Consideraciones previas

Antes de aplicar la metodología SORA, el operador debe plantear las siguientes preguntas relativas a la operación pretendida:

- ¿Es una operación que se puede enmarcar en el régimen de comunicación previa?
- ¿Es una operación que no puede realizarse en ningún caso (no permitido por la norma)?
- ¿Es una operación que requiere un certificado de aeronavegabilidad y supone un nivel de riesgo muy elevado?
- ¿Puede la operación enmarcarse dentro de un escenario estándar?

Si la respuesta es **"no"** a todas estas preguntas entonces se recomienda realizar el estudio aeronáutico de seguridad siguiendo la metodología SORA.

Una vez evaluada si esta metodología es válida, se puede aplicar a través de los siguientes 10 pasos:

Esquema proceso SORA

- Paso #1 – Descripción del **concepto de operación** (ConOps).

Proceso para determinar el Riesgo en Tierra (Ground Risk)

- Paso #2 – Determinación del riesgo intrínseco en tierra (**GRC**: Ground Risk Class);
- Paso #3 – Determinación del **GRC final**;

Proceso para determinar el Riesgo en Aire (Air Risk)

- Paso #4 – Determinación del **ARC inicial**;
- Paso #5 – Aplicación de **mitigaciones estratégicas** para determinar el **ARC final** (opcional);
- Paso #6 – Consideraciones del **espacio aéreo adyacente**;
- Paso #7 – **Requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas** (**TMPR**: Tactical Mitigation Performance Requirement) y **niveles de robustez**;
    - operaciones utilizando **VLOS/EVLOS**;
    - operaciones utilizando **sistemas DAA (Detect & Avoid) – TMPR**;
    - consideración del **espacio aéreo adicional** / los **requisitos operacionales**.

Determinación de los objetivos de seguridad operacional y materialización del documento

- Paso #8 – Determinación del **SAIL** (Specific Assurance and Integrity Level);
- Paso #9 – Identificación de los **Objetivos de Seguridad Operacional** (OSO: Operational Safety

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Objectives);
- Paso #10 – **Informe exhaustivo** de seguridad.

En los siguientes apartados se presenta una guía de lo que debe incluir el operador en su estudio aeronáutico de seguridad para incluir todos los pasos que la metodología SORA plantea.

Un esquema general de la metodología SORA podría ser el siguiente:

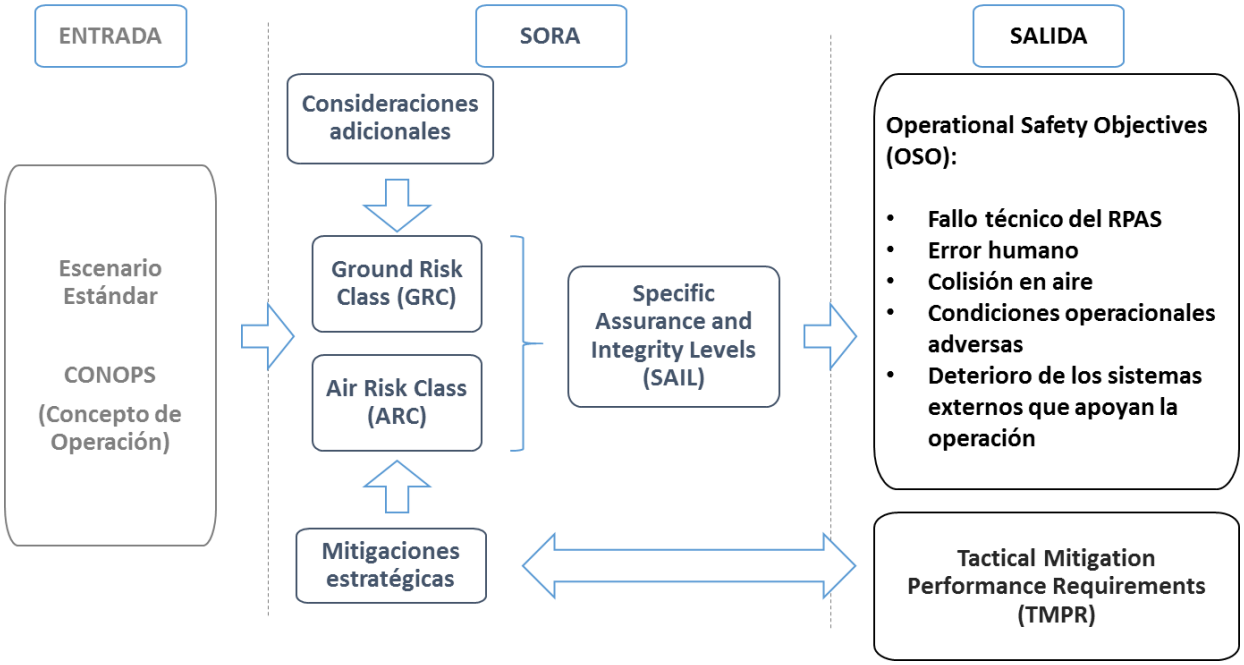


Figura 3. Esquema general de la metodología SORA

0.3. Concepto de robustez

Para comprender correctamente la metodología SORA es importante introducir el concepto clave de **robustez**. Cualquier objetivo de seguridad operacional o mitigación del riesgo se puede demostrar con un nivel diferente de **robustez**. La robustez representa la capacidad de una mitigación determinada de reducir el nivel de riesgo. SORA propone el uso de tres niveles **diferentes** de robustez: **bajo, medio y alto**.

La robustez se logra considerando tanto el **nivel de integridad**, definido como **el nivel de seguridad que proporciona cada mitigación**, y el **nivel de garantía,** definido como la **prueba o justificación** de que se ha logrado el nivel de seguridad de seguridad necesario. Es importante matizar que el nivel de robustez no se corresponde con el nivel de implicación de la autoridad aeronáutica, es decir, la robustez no es en sí misma el grado de supervisión que realiza la autoridad competente, sino la combinación del nivel de integridad y de garantía.

Las medidas necesarias para fundamentar el nivel de integridad se detallan en los Anexos B, C, D y E del SORA. Esos anexos proporcionan material guía o se refieren a prácticas y estándares de la industria.

Por su parte, un posible modelo general para el nivel de garantía sería:

- Un **nivel bajo de garantía** puede ser aquel para el cual el operador, por lo general, **declara** que se ha alcanzado el nivel requerido de integridad;

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

- Un **nivel medio de garantía** es aquel en el que el operador **aporta evidencias** de que ha alcanzado el nivel requerido de integridad;
- Un **alto nivel de garantía** es típicamente uno para el cual una **tercera parte competente** ha **validado la integridad lograda**.

Las autoridades competentes podrán requerir diferentes justificaciones para fundamentar el nivel de robustez a fin de acomodar las especificidades nacionales.

	Garantía Baja	Garantía Media	Garantía Alta
Integridad Baja	Robustez Baja	Robustez Baja	Robustez Baja
Integridad Media	Robustez Baja	Robustez Media	Robustez Media
Integridad Alta	Robustez Baja	Robustez Media	Robustez Alta

Tabla 4. Robustez según SORA

1. (PASO #1 SORA) CONCEPTO DE OPERACIÓN (CONOPS)

- Descripción clara y sencilla del concepto de operación. El operador puede valerse del Anexo A del SORA, teniendo en cuenta aquellos apartados que considere pertinentes de cara al establecimiento del tipo de operación que se pretende realizar. Se deberán incluir, al menos, los siguientes aspectos:

  - Tipo de actividad: operación aérea especializada o vuelo experimental.

  - MTOM de la aeronave/s:
    - < 2 kg;
    - 2 kg < MTOM < 25 kg;
    - 25 kg < MTOM < 50 kg;
    - 50 kg < MTOM < 150 kg;
    - > 150 kg.

  - Altura de vuelo:
    - ≤ 120 m;
    - > 120 m.

  - Tipo de espacio aéreo:
    - espacio aéreo controlado, indicando proximidad a aeródromos;
    - zona de información de vuelo (FIZ: Flight Information Zone);
    - fuera de las anteriores.

  - Tipo de zona donde se desarrolla la operación:
    - fuera de aglomeraciones de edificios o reuniones de personas;
    - aglomeraciones de edificios;
    - reuniones de personas.

  - Horario de los vuelos:
    - diurno;
    - nocturno.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Además, si se estima significativo para la operación se deberá añadir información:

- Técnica relevante:
  - aeronave y limitaciones;
  - navegación;
  - mando y control;
  - comunicaciones;
  - estructura;
  - software y equipos.
- Entrenamiento y formación: competencia.

El operador debe tener en cuenta, de acuerdo al modelo semántico de SORA (ver siguiente diagrama), las distancias de seguridad, tanto en tierra como en aire, para minimizar el riesgo asociadas al tipo de operación (situaciones normales, anormales y de emergencia). El modelo semántico es el modelo utilizado en SORA que correlaciona las fases de operación, los procedimientos y los volúmenes operativos.

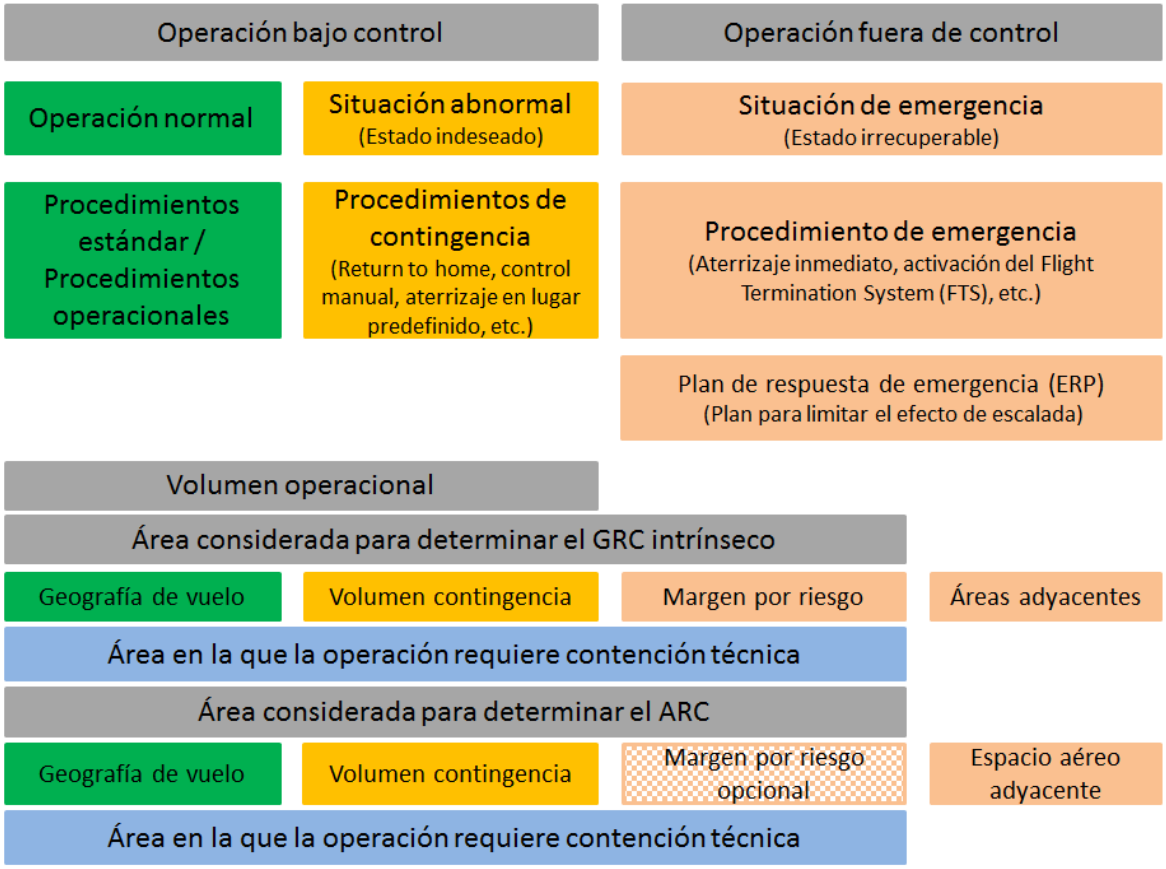


Figura 4. Modelo semántico de SORA

Donde:

- **"geografía de vuelo"** se refiere a un volumen geográficamente definido, espacial y temporalmente (o conjunto encadenado de volúmenes), que se encuentra totalmente contenido dentro del volumen de operación. La geografía de vuelo representa el volumen de espacio aéreo donde el operador tiene la intención de que el vuelo quede confinado.

- **"volumen de contingencia" (también referido como área de contención)** se refiere al volumen contenido entre los límites interior y exterior del volumen de operación y la geografía de vuelo, respectivamente. Este volumen se define para contemplar las posibles excursiones fuera del volumen

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

de la geografía de vuelo.

- **"volumen de operación"** se refiere a un volumen geográficamente definido, espacial y temporalmente (o conjunto encadenado de volúmenes), que se encuentra totalmente contenido dentro del volumen donde se permite realizar operaciones ("volumen de operaciones aprobadas" en caso de que dichas operaciones requieran autorización). El volumen de operación contempla las posibles desviaciones menores respecto a la geografía de vuelo.

En el siguiente esquema se representan gráficamente los márgenes descritos en el modelo semántico:

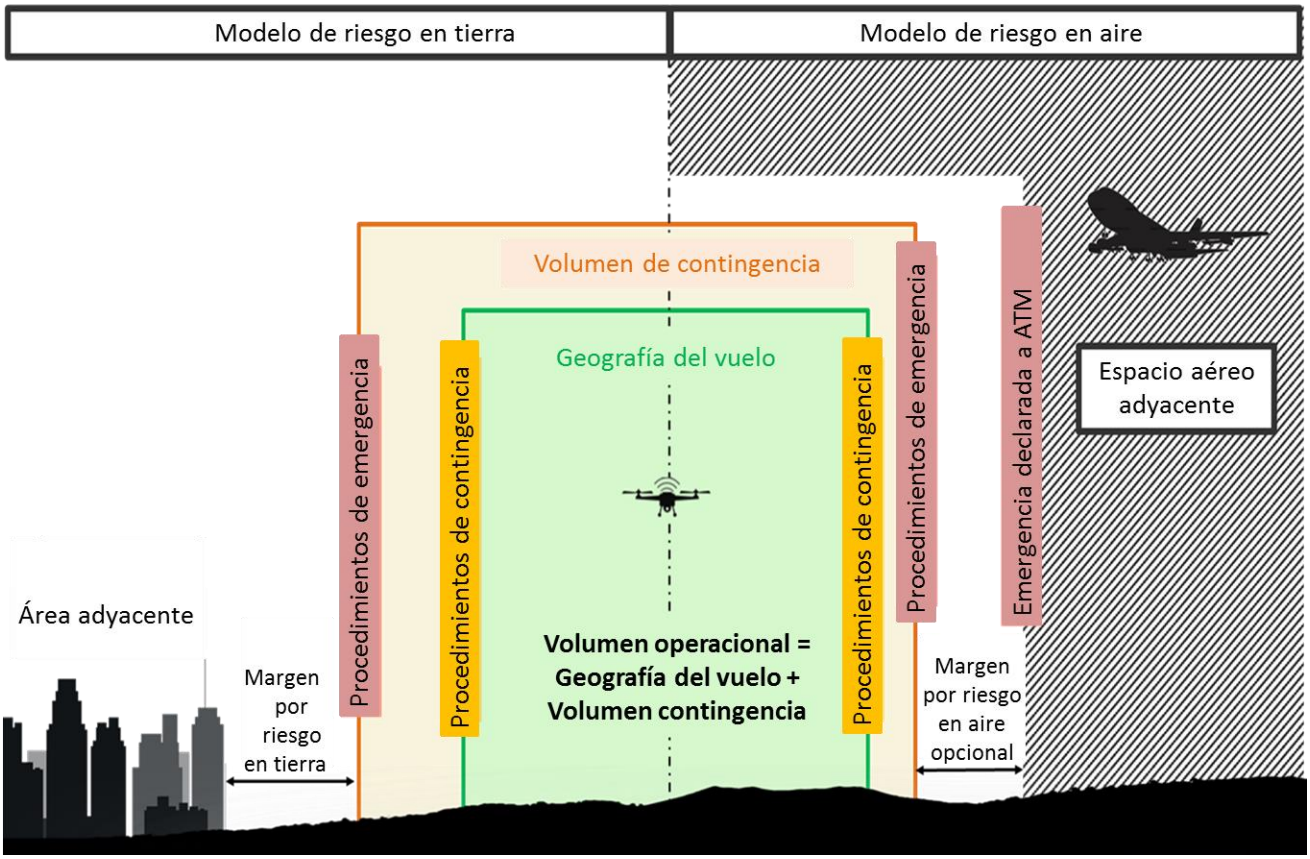


Figura 5. Representación gráfica del modelo semántico de SORA (Fuente: JARUS-SORA)

De esta forma, el operador debe definir el volumen de operación teniendo en cuenta lo siguiente:

- El volumen de operación se compone de la geografía de vuelo y el volumen de contingencia. Para determinar dicho volumen de operación, el operador debe considerar la capacidad de mantener la posición del RPAS en el espacio 4D (latitud, longitud, altura y tiempo). En particular, debe tener en cuenta la precisión de la solución de navegación utilizada, los posibles errores técnicos durante el vuelo del RPAS, el error de definición de la ruta (ej. error del mapa) o latencias;

- Si se va a establecer un área controlada en tierra o no. Esta se define en la metodología SORA como el área operacional prevista en tierra que solo involucra a participantes activos, si los hubiera. Las áreas controladas en tierra se consideran una mitigación estratégica al riesgo en tierra, de forma similar al espacio aéreo segregado, correspondiéndose al operador la responsabilidad de garantizar que no haya participante no involucrados en la operación en dicha área. Además, se definen los participantes activos como aquellas personas directamente involucradas en la operación del RPAS o

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

plenamente conscientes de que la operación del RPAS se está llevando a cabo en sus proximidades y, por tanto, son plenamente conscientes de los riesgos asociados a dicha operación y los han aceptados. Los participantes activos se encuentran informados apropiadamente y son capaces de seguir procedimientos eficaces de emergencia y/o planes de contingencia;

- El margen de riesgo en tierra asociado a la regla 1:1, según la cual se debe mantener un margen horizontal igual a la altura de la aeronave en operación.

A la hora de definir los diferentes volúmenes, el operador puede establecer valores concretos o, simplemente, definir qué criterios se considerarán para establecerlos. Por ejemplo, se podrán tabular en función de la velocidad de operación del RPAS, las performances del RPAS, etc. Por su parte, las distancias horizontales deben plantearse teniendo en cuenta los tiempos de reacción, las ráfagas de viento, etc.

A modo de guía, se indican a continuación diferentes aspectos a considerar para establecer las dimensiones del modelo semántico:

— Para establecer la **geografía del vuelo,** que abarca la **operación normal,** deberían contemplarse:
  - errores de posicionamiento;
  - precisión y habilidad del piloto o de los sistemas de autopiloto;
  - error en la definición de las trayectorias;
  - cualquier riesgo particular relevante (por ejemplo, granizo, hielo, nieve, interferencia electromagnética, etc.).

— Para establecer el **volumen de contingencia**, que abarca la **situación anormal**, deberían tenerse en cuenta los diferentes procedimientos y sistemas, tales como:
  - vuelta a casa (RTH: Return To Home);
  - espera en estacionario (ej. multirrotor, helicóptero) o esperar dando vueltas alrededor de un punto (ej. loitering);
  - aterrizaje automático o en un lugar determinado;
  - distancias en caso de control manual;
  - debe incluirse el área que se necesitará debido a la activación de los sistemas incorporados.

— Para establecer los **márgenes de riesgo**, que abarca la **situación de emergencia**, deberían considerarse los diferentes procedimientos y sistemas, tales como:
  - aterrizaje inmediato;
  - sistemas de reducción de energía de impacto (ej. paracaídas);
  - debe incluirse el área que se necesitará debido a la activación de los sistemas de emergencia. A la hora de definir estos márgenes, se puede plantear mediante:
    - distancias simples: cálculo incluyendo habilidad del piloto, performances de las aeronaves, sistemas de terminación segura del vuelo y de emergencia, y su sistema de activación, etc. En cualquier caso, debe cumplirse, al menos, la mencionada regla 1:1.
    - tabulando velocidades, utilizando, por ejemplo, valores del viento de cola en las filas y la altura de vuelo en las columnas.

A su vez, el operador debe tener en cuenta las distancias que se establecen en la normativa nacional, las cuales pueden servir de base para plantear las del estudio aeronáutico de seguridad:

— **Aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o reuniones de personas al**

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

aire libre:
Estas operaciones deberán realizarse sobre zonas acotadas en la superficie en las que la autoridad competente a tales efectos haya limitado el paso de personas o vehículos o, en otro caso, manteniendo una distancia **horizontal mínima de seguridad de 50 m respecto de edificios u otro tipo de estructuras y respecto de cualquier persona**, salvo personal del operador o personal que esté involucrado en el desarrollo de la operación.

- **Aeródromos:**
La operación debe realizarse fuera de la zona de tránsito de aeródromo y a una **distancia mínima de 8 km del punto de referencia de cualquier aeropuerto o aeródromo** y la misma distancia respecto de los ejes de las pistas y su prolongación, en ambas cabeceras, hasta una distancia de **6 km contados a partir del umbral en sentido de alejamiento de la pista**, o, para el caso de operaciones más allá del alcance visual del piloto **(BVLOS),** cuando la infraestructura cuente con procedimientos de vuelo instrumental (IFR), a una distancia mínima de **15 km de dicho punto de referencia**.

- **Infraestructuras:**
En todo caso, el sobrevuelo por dichas aeronaves de **instalaciones e infraestructuras de la industria química, transporte, energía, agua y tecnologías de la información y comunicaciones** deberá realizarse a una **altura mínima sobre ellas de 50 m**, y a un **mínimo de 25 m de distancia horizontal de su eje en caso de infraestructuras lineales** y a **no menos de 10 m de distancia respecto de su perímetro exterior en el resto de los casos**, salvo permiso expreso de su responsable para operar en esta zona de protección.

Por último, el operador debe comprobar si, de acuerdo al concepto de operación planteado, debe establecer alguna coordinación con terceros. En este punto cabe resaltar que para el caso de que se pretenda operar en **espacio aéreo controlado o en una zona de información de vuelo (FIZ), incluida la zona de tránsito de aeródromo**, el estudio aeronáutico de seguridad debe estar **coordinado con el proveedor de servicios de tránsito aéreo** designado en el espacio aéreo que corresponda.

2. (PASO #2 SORA) DETERMINACIÓN DEL RIESGO INTRÍNSECO DE IMPACTO EN TIERRA (GRC INCIAL)

Este paso consiste en el cálculo del índice GRC (Ground Risk Class), correspondiente al **riesgo intrínseco de colisión en tierra** (riesgo de que una persona sea golpeada por el RPA en caso de pérdida de control del mismo) y que se representa mediante una serie de clases de riesgo en tierra (GRC), derivadas únicamente de la **operación prevista** y de la **dimensión y energía cinética del RPA** mediante un método cualitativo.

A efectos del estudio de seguridad es necesario conocer la energía de impacto y, para ello, se deben conocer las velocidades críticas de las aeronaves, es decir, para aeronaves de ala rotatoria, la velocidad terminal o de caída, y para aeronaves de ala fija, la velocidad máxima.

La energía de impacto se determina a través de su energía cinética, calculada mediante la siguiente fórmula:

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2$$

Siendo *v*:

- la velocidad terminal o de caída para aeronaves de ala rotatoria;
- la velocidad máxima para aeronaves de ala fija.

Estas velocidades pueden ser proporcionadas por el fabricante, calculadas o estimadas (https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/termv.html)

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

En el caso de la velocidad terminal, su fórmula de cálculo es:

$$v_T = \sqrt{\frac{2W}{C_d A \rho}}$$

Siendo:

- *W*: el peso en Newton.
- C_d: el coeficiente de resistencia aerodinámica (adimensional). Si no se posee este dato se puede utilizar un valor estimado de 0,7
- *A*: El área de la sección de la aeronave. Si no se posee este dato se puede estimar suponiendo que es un círculo.
- ρ: La densidad del aire en la zona de operación. Si no se posee este dato se puede tomar el valor en la atmósfera ISA (1,225 kg/m^3)

En la página web de RPAS de AESA el operador tiene a su disposición una hoja de cálculo que facilita la obtención de las velocidades y energía cinética:
https://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/cias_empresas/trabajos/rpas/material_guia/

En la siguiente tabla se puede determinar el GRC inicial mediante el tipo de operación prevista (filas de la tabla) y de la dimensión y energía cinética del RPA (columnas de la tabla):

Índice intrínseco Ground Risk Class del RPAS				
Dimensiones máximas del RPA	1 m / aprox. 3 ft	3m / aprox. 10 ft	8 m / aprox. 25 ft	>8 m / aprox. 25 ft
Energía cinética típica esperada	< 700 J (aprox. 529 ft lb)	< 34 kJ (aprox. 25000 ft lb)	< 1084 kJ (aprox. 800000 ft lb)	> 1084 kJ (aprox. 800000 ft lb)
Escenarios Operacionales				
VLOS y fuera de aglomeraciones de edificios o personas	1	2	3	5
BVLOS y fuera de aglomeraciones de edificios o personas	2	3	4	6
VLOS y en zonas de aglomeraciones de edificios	3	4	6	8
VLOS y en zonas de aglomeraciones de personas	7			

Tabla 5. Determinación del índice GRC (Ground Risk Class)

Los valores de la tabla anterior deben entenderse en el contexto del Real Decreto 1036/2017 que plantea las operaciones sobre aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados como áreas controladas en tierra. Dichos valores son conservadores con respecto a lo publicado en la metodología SORA en aras de establecer un margen de seguridad adicional.

Para determinar adecuadamente el GRC se debe utilizar el criterio (dimensión característica o energía cinética) que maximiza el riesgo. Además, a efectos de la determinación del GRC intrínseco en términos de la metodología SORA, EVLOS debe ser considerado como BVLOS.

3. DETERMINACIÓN DEL GRC (FINAL) (PASO #3 SORA)

Este paso permite la determinación del GRC final basado en la disponibilidad de medidas de mitigación relacionadas con la operación. Estas medidas de mitigación modifican el valor intrínseco del GRC y tienen un

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

efecto directo en los objetivos de seguridad asociados a una operación específica. Para este punto es sustancialmente importante asegurar su nivel de robustez.

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

Tabla 6. Mitigaciones para la determinación del índice GRC final

Se deberá contar en todos los casos con un **sistema para la terminación segura del vuelo** (ver Apéndice O – Requisitos de los equipos) que el operador describirá dentro del **Plan de Respuesta a la Emergencia (M1)**. Además, en caso de **operaciones sobre aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre**, el RPA estará provisto de un **dispositivo de limitación de energía del impacto (M2)** (ver Apéndice O – Requisitos de los equipos). En este caso, el nivel de garantía debería ser, al menos, **Medio (M)** para robustez **Baja (L)** y **Media (M).**

Las posibles **mitigaciones a los daños** que el operador puede plantear para la reducción del GRC se muestran en la tabla 18.

Para facilitar la compresión de este proceso de reducción se propone el siguiente ejemplo:

Se supone que a una determinada operación se le ha asignado un GRC inicial (intrínseco) de 3. Tras el análisis de su ConOps, el operador declara disponer de un Plan de Respuesta a la Emergencia (Emergency Response Plan – ERP) con una robustez media, pero no implementa sistemas de contención. Además, el operador implementa un sistema de paracaídas (sistema limitador de la energía de impacto) al que se le puede asignar también una robustez media para proporcionar una adaptación del GRC de -1. El GRC final se establece sumando todos los factores de corrección (es decir, 0 -1 -0 = -1) y adaptando el GRC por el número resultante (3 -1 = 2). En la siguiente tabla se representa el citado ejemplo:

	GRC
Inicial	**3**
Se dispone de un Plan de Respuesta a la Emergencia efectivo, disponible para su uso, y que ha sido validado	+0
Se dispone de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra	-1
Se dispone de sistemas de contención técnica implementada y efectiva	+0
Final	**2**

Tabla 7. Ejemplo de la determinación del GRC Final

El último paso que debe completar el operador antes de pasar a la evaluación del riesgo de colisión en aire es el análisis de la *letalidad* para la operación pretendida. Se entiende por letalidad todas aquellas

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

consideraciones que no están contempladas en el cálculo del GRC que puedan aumentar o disminuir el posible daño causado por el RPA en caso de pérdida de control del mismo. Se deben contemplar, por un lado, aspectos como superficies especialmente cortantes o dañinas de la aeronave, elementos añadidos, y por otro, los casos en los que el RPA, de manera demostrable, es especialmente poco dañino. De esta forma el GRC final podrá incrementarse, mantenerse o disminuirse, en función de si la letalidad es alta, media o baja, respectivamente. Es muy importante tener en cuenta que **la letalidad será media por defecto**, quedando el aumento o la reducción del GRC final por estas consideraciones para aquellos casos excepcionales en los que deba ser tenida en cuenta y cuya justificación deberá estar a disponibilidad de AESA.

El GRC final debe ser de **nivel 7 o menor**. Si no es así, la operación propuesta no podrá ser llevada a cabo utilizando la metodología SORA.

4. (PASO #4 SORA) DETERMINACIÓN DEL RIESGO INICIAL DE COLISIÓN EN AIRE – ARC INICIAL

En este punto comienza el proceso de evaluar el riesgo intrínseco de colisión en aire a través de la determinación de lo que se denomina **Clase de Riesgo en Aire** o **ARC** (Air Risk Class), que es una manera cualitativa de determinar el nivel riesgo de una colisión de un RPA con una aeronave tripulada en un determinado espacio aéreo. El ARC se aborda mediante **mitigaciones estratégicas** y **tácticas**. En la Figura 15 se plantea un esquema general de todo el proceso para plantear el riesgo de colisión en aire con una aeronave tripulada y cómo mitigarlo.

Lo primero que debe hacer el operador es determinar la **Categoría de Encuentro en Espacio Aéreo** o **AEC** (Airspace Encounter Category) que, a efectos de la metodología SORA, se puede entender **como una clasificación de la tipología de volúmenes de espacio aéreo donde se pretende realizar la operación, reflejando así los niveles percibidos de riesgo de colisión**. El AEC no debe confundirse con la Clase de Espacio Aéreo (ver AIP).

Con la Categoría de Encuentro en Espacio Aéreo, el operador puede asignar un nivel de riesgo para la operación. Antes de determinar el AEC se debe tener en cuenta si se pretende operar en **espacio aéreo controlado o en una zona de información de vuelo (FIZ), incluida la zona de tránsito de aeródromo**, ya que en ese caso el **estudio aeronáutico de seguridad debe estar coordinado con el proveedor de servicios de tránsito aéreo** designado en el espacio aéreo que corresponda, por lo que el operador deberá acordar con este al menos los **pasos del 4 al 8** de esta metodología.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

La metodología SORA plantea un **ARC inicial** a través del siguiente flujograma:

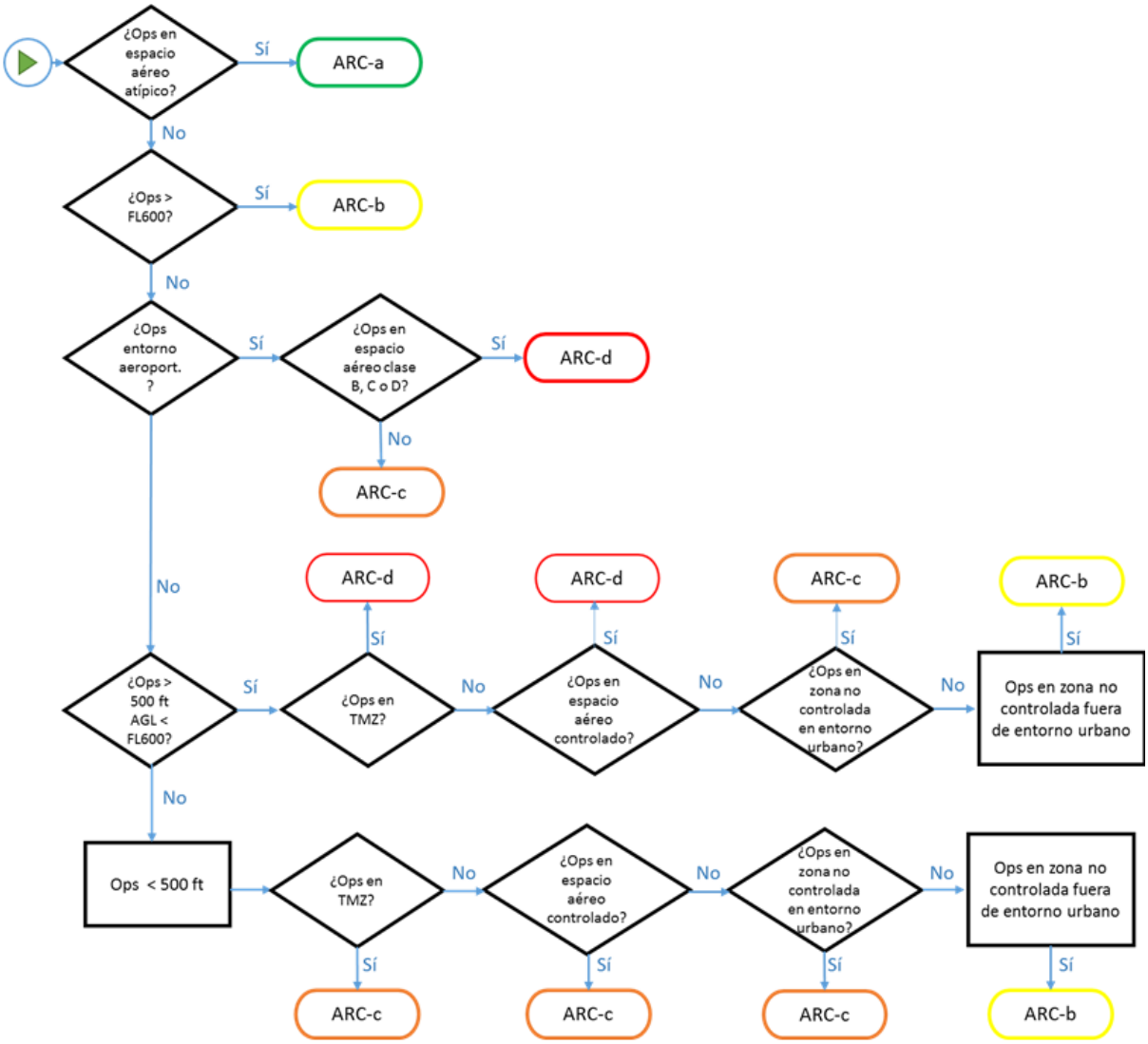


Figura 6. Flujograma para la determinación del ARC (Fuente: JARUS-SORA)

En la siguiente tabla se muestran indicadas las Categorías de Encuentro en Espacio Aéreo (AEC) posibles que propone la metodología SORA:

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	Categorías de encuentros en un espacio aéreo (AEC)	Espacio Aéreo Operacional	Air Risk Class (ARC)	Ratio inicial de densidad generalizada por SME*
Operaciones en espacio aéreo por encima de 500 ft AGL	1	Operaciones por encima de 500 ft AGL en un entorno aeroportuario definido en SORA.	d	5
	2	Operaciones por encima de 500 ft AGL en un TMZ.	d	5
	3	Operaciones por encima de 500 ft AGL en espacio aéreo controlado.	d	4
	5	Operaciones en espacio aéreo no controlado fuera de entornos urbanos.	c	2
Otros	11	Operaciones por encima de FL600	b	1
Operaciones en espacio aéreo por debajo de 500 ft AGL	6 a	Operaciones por debajo de 500 ft AGL en un entorno aeroportuario definido en SORA en espacio aéreo clase B, C o D	d	4
	6b	Operaciones por debajo de 500 ft AGL en un entorno aeroportuario definido en SORA y en espacio aéreo clase E, F o G sobre entornos urbanos	c	3
	6c	Operaciones por debajo de 500 ft AGL en un entorno aeroportuario definido en SORA y en espacio aéreo Clase F o G fuera de entornos urbanos.	b	2
	7	Operaciones en una TMZ o clase F, G	c	3
	8	Operación en espacio aéreo controlado por debajo de 500 ft AGL	c	3
	9	Operaciones en espacio aéreo no controlado por debajo de 500 ft AGL, en entornos urbanos.	c	2
	10	Operaciones por debajo de 500ft AGL en espacio aéreo no controlado y fuera de entornos urbanos.	b	1
Otros	12	Operaciones en espacio aéreo atípico	a	1

**Subject Matter Experts (SME): grupo de expertos (EEUU) que ha definido las densidades según el AEC.*
El operador puede valerse de ellas a modo de orientación.
Tabla 8. AECs.

A efectos de determinar el AEC, se entiende por:

- Espacio aéreo atípico aquel en el que la densidad de aeronaves es muy baja:
  - zonas restringidas;
  - espacio aéreo definido como tal por la autoridad competente;
  - espacio aéreo donde las aeronaves tripuladas habitualmente no pueden acceder (espacio aéreo por debajo de 100 ft entre edificios o estructuras);
  - un volumen de espacio aéreo donde se pueda demostrar que la tasa de encuentros de un RPA con aeronaves tripuladas, sin establecer ninguna mitigación, sea:
    - menor que 1E-4 encuentros por hora de vuelo durante la operación en:
      - AEC 7, 8, 9 y 10;
      - AEC 4 y 5, 1200 ft AGL e inferior.
    - menor que 1E-6 encuentros por hora de vuelo durante la operación en:
      - AEC 6a, 6b y 6c;
      - AEC 1, 2 y 3 debajo de FL180;
      - AEC 4 y 5 por encima de 1200 ft AGL y por debajo de FL180.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

— Entorno aeroportuario aquella área de terreno que rodea a un aeródromo o helipuerto en cuyo espacio aéreo asociado se producen vuelos de aeronaves tripuladas cuya misión es la salida y llegada al aeródromo o helipuerto en cuestión. Dicha área puede definirse atendiendo a los siguientes criterios:

- Aeródromos listados en AD 1.3 de la Publicación de Información Aeronáutica (AIP), para cada una de sus pistas desde el centro de la misma:
  - 1 km a cada lado de la pista y 5 km hacia cada extremo desde el suelo hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura, y
  - de 1 km a 5 km a cada lado y de 5 km a 10 km hacia cada extremo desde 200 ft (≈ 60m) hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura, y
  - de 5 km a 10 km a cada lado y de 10 km a 15 km hacia cada extremo desde 300 ft (≈ 90 m) hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura.

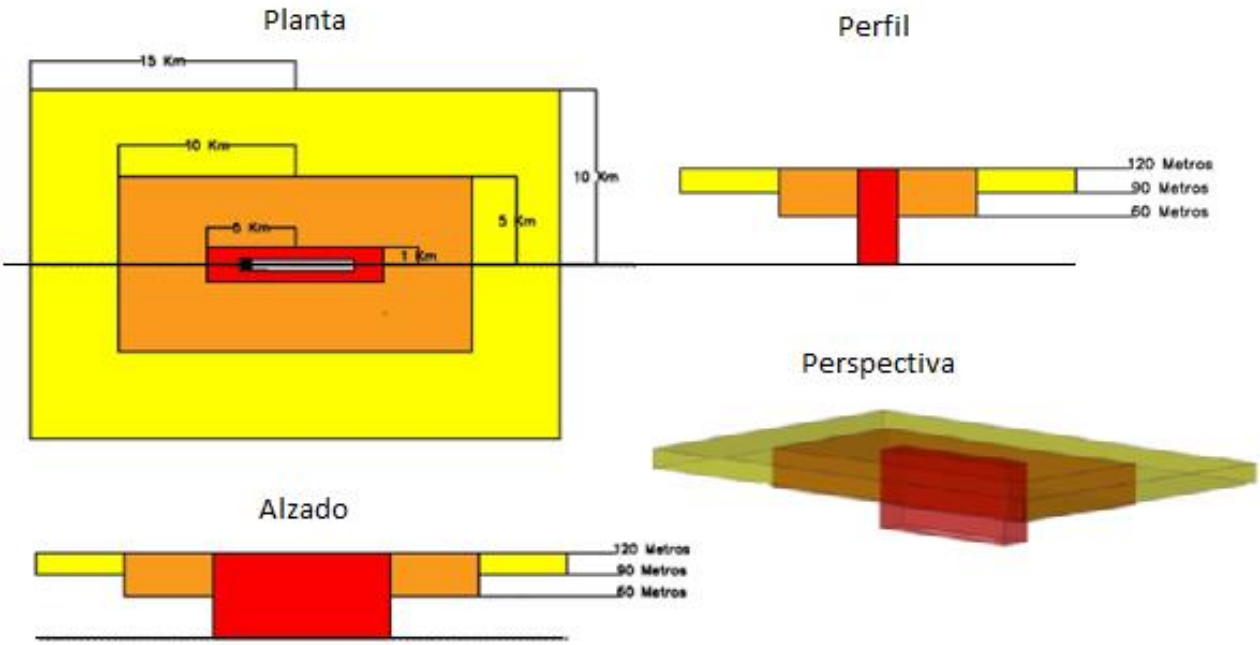


Figura 7. Entorno aeroportuario para aeródromos listados en AD 1.3 de la Publicación de Información Aeronáutica (AIP).

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

- Helipuertos listados en AD 1.3 del AIP, centrado en el HRP:
  - círculo de radio 800 m desde el suelo hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura y
  - círculo de radio desde los 800 m hasta 2 km desde 200 ft (≈ 60 m) hasta 500 ft (≈ 150 m) y
  - círculo de radio desde los 2 km hasta 4 km desde 300 ft (≈ 90 m) hasta 500 ft (≈ 150 m).

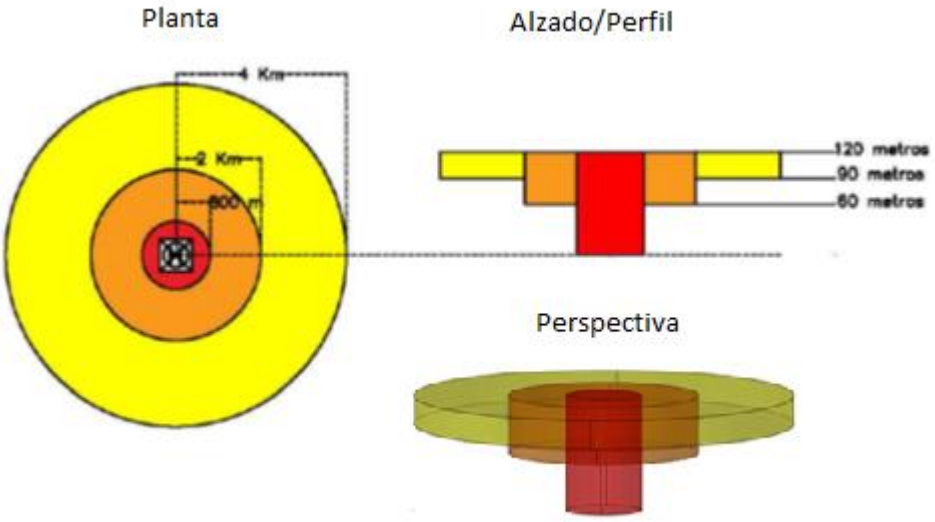


Figura 8. Entorno aeroportuario para helipuertos listados en AD 1.3 de la Publicación de Información Aeronáutica (AIP).

- Aeródromos restringidos según AD 1.3 del AIP:
  - 500 m a cada lado de la pista y 3 km hacia cada extremo desde el suelo hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura, y
  - de 500m a 3.5 km a cada lado y de 3 km a 5 km hacia cada extremo desde 200 ft (≈ 60 m) hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura, y
  - de 3.5 km a 5 km a cada lado y de 5 km a 10 km hacia cada extremo desde 200 ft (≈ 90 m) hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura.

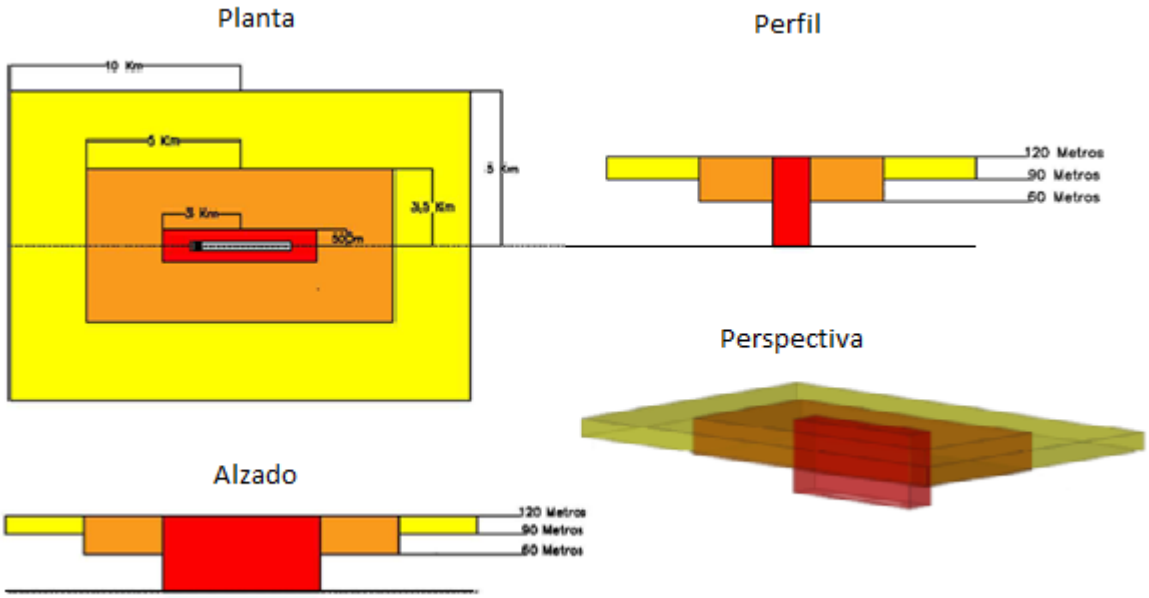


Figura 9. Entorno aeroportuario para aeródromos restringidos en AD 1.3 de la Publicación de Información Aeronáutica (AIP).

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

- Helipuertos restringidos según AD 1.3 del AIP, centrado en el HRP:
  - círculo de radio 300 m desde el suelo hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura, y
  - círculo desde los 300 m de radio hasta 2 km desde 200 ft (≈ 60 m) hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura, y
  - círculo desde los 2 km de radio hasta 4 km desde 300 ft (≈ 90 m) hasta 500 ft (≈ 150 m) de altura.

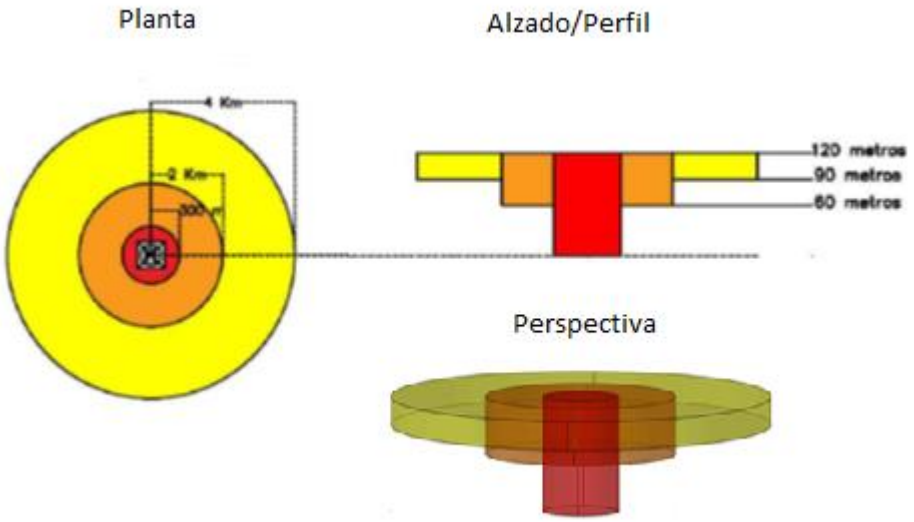


Figura 10. Entorno aeroportuario para helipuertos restringidos en AD 1.3 de la Publicación de Información Aeronáutica (AIP).

- Trayectorias de entrada y salida a los aeropuertos, aeródromos y helipuertos definidas en las cartas de aproximación visual (VAC) del AIP de cada infraestructura:
  - círculo de radio 2 km respecto a cada punto de notificación VFR desde los 200 ft (≈ 60 m) hasta los 500 ft (≈ 150 m)
  - 1 km a cada lado de las trayectorias entre puntos de notificación visual y el resto del entorno aeroportuario definido en puntos previos, desde 200 ft (≈ 60 m) hasta 500 ft (≈ 150 m).

El código de colores mostrado (rojo, naranja y amarillo) puede servir al operador, y en su caso a los gestores aeroportuarios y proveedores de servicio de tránsito aéreo, para escalar las mitigaciones pertinentes.

Además, para el ARC se deberían tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **ARC-a** se define generalmente como espacio aéreo donde el riesgo de colisión entre un RPA y una aeronave tripulada es aceptable sin la adición de ninguna mitigación táctica;
- **ARC-b, ARC-c, ARC-d** generalmente definen el espacio aéreo con mayor riesgo de colisión entre un RPA y una aeronave tripulada;
- Durante el vuelo del RPAS, éste puede trascurrir por distintos AECs. El operador debe realizar una evaluación del riesgo asociado a todas las zonas de operación donde pretende operar.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

5. (PASO #5 SORA) APLICACIÓN DE MITIGACIONES ESTRATÉGICAS PARA DETERMINAR EL ARC FINAL (Opcional)

En este paso el operador podrá establecer las mitigaciones necesarias para reducir el riesgo de colisión en aire. Las mitigaciones que se deberán considerar en el estudio serán aquellas que reduzcan el riesgo a un nivel aceptable y, para ello, deben plantearse en dos fases: una primera, basada en **mitigaciones estratégicas** con antelación suficiente a las operaciones, y otra en **mitigaciones tácticas**, que se pondrán en práctica durante la propia operación.

Las mitigaciones estratégicas reducirán en un cierto nivel el riesgo de la operación, quedando un nivel de riesgo residual que deberá ser mitigado hasta un nivel aceptable por las mitigaciones tácticas.
El operador deberá plantear en el estudio aeronáutico de seguridad **una lista con estas mitigaciones** acordadas con el proveedor de servicios de navegación aérea, si es el caso, que puedan conseguir el objetivo deseado, y que **pondrá en aplicación cuando se den las operaciones concretas en función de las necesidades de las mismas**, entendiendo que esto forma parte del funcionamiento del operador y asumiendo la importancia de ser exhaustivo en la recopilación de mitigaciones y justificación para contar con ellas.

Figura 11. Mitigación del riesgo

Las mitigaciones estratégicas son aquellas que permiten mitigar o reducir el riesgo adoptando medidas con tiempo suficiente antes de la operación pretendida. Estas mitigaciones se podrían clasificar, a su vez, en mitigaciones estratégicas por restricciones operacionales y en mitigaciones estratégicas por estructuración y reglas.

- Mitigaciones estratégicas por **restricciones operacionales**: Son aquellas mitigaciones que pueden ser implementadas por el operador sin depender de la existencia de cooperación con otros usuarios del espacio aéreo. Toman la forma de:
    - restricciones dentro de ciertos límites o volúmenes del espacio aéreo (ej. operaciones a muy baja cota en un volumen reducido o en un extremo de una zona de control);
    - restricciones de cronología de la operación (ej. vuelo nocturno o durante las horas de menor tráfico de un aeródromo);
    - restricciones del tiempo de vuelo o tiempo de exposición (ej. atravesar un espacio aéreo momentáneamente en lugar de permanecer dentro del mismo durante toda la operación);
- Mitigaciones estratégicas por **estructuración y reglas comunes**: Son aquellas mitigaciones que no

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

pueden ser implementadas por el operador en solitario, puesto que requieren de la colaboración de todas las aeronaves dentro de un mismo volumen de espacio aéreo, de forma que todos los usuarios implicados obedezcan las mismas estructuras y reglas de operación, previamente establecidas por una autoridad competente. Toman la forma de:

- reglas de vuelo comunes (ej. reglas de vuelo, derecho de paso, coordinación implícita, visibilidad, etc.);
- estructura común del espacio aéreo (ej. aerovías o pasillos, procedimientos, etc.).

Para una mejor comprensión en el desarrollo de esta parte del estudio de seguridad, en la Figura 15 de esta guía se presenta un esquema del análisis de riesgos y sus mitigaciones.

El operador debe tener en cuenta lo siguiente:

- Para reducir a **ARC-a,** el operador debe demostrar que el espacio aéreo local puede cumplir con uno de los requisitos del **Espacio Aéreo Atípico** definido por SORA. Una asignación de ARC-a no exime del requisito de que el RPAS "vea y evite" y permanezca alejado ("*remain well clear*") de otras aeronaves.

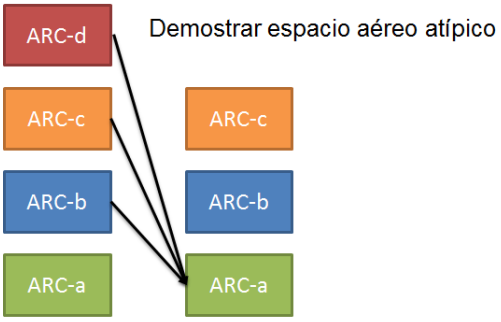


Figura 12. Reducción de índice ARC a ARC-a.

- En lo que respecta a mitigaciones estratégicas por **estructuración y reglas**:
  - no se puede reducir el ARC a un ARC-a.
  - no se puede reducir el nivel de ARC en operaciones por **encima de 500 ft AGL**, es decir, si se parte de un AEC **1, 2, 3, 4, 5 y 11**.
  - se puede reducir el ARC como máximo **un nivel**.

En cualquier caso, para una reducción a ARC-c o ARC-b el operador debe demostrar que la densidad de aeronaves tripuladas en el área operacional local es menor que la clasificación de densidad de la aeronave tripulada generalizada para el modelo SORA. La siguiente tabla recoge cómo establecer esta reducción:

El ratio de densidad de aeronaves tripuladas se ha planteado mediante una evaluación cualitativa con una escala de 5 a 1; siendo 5 el caso correspondiente a una densidad muy alta, y 1 a una muy baja.				
AEC	*Ratio inicial de densidad generalizada por SME**	*ARC Inicial*	*Si el operador demuestra una densidad local de*	*Nuevo ARC intermedio*
AEC 1	*5*	*ARC - d*	*4 o 3*	*ARC - c*
			2 o 1	*ARC - b*
AEC 2	*5*	*ARC – d*	*4 o 3*	*ARC - c*
			2 o 1	*ARC - b*

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

AEC 3	*4*	*ARC – d*	*3 o 2*	*ARC - c*
			1	*ARC - b*
AEC 4	*3*	*ARC – c*	*1*	*ARC - b*
AEC 5	*2*	*ARC – c*	*1*	*ARC - b*
AEC 6a	*4*	*ARC – d*	*3 o 2*	*ARC - c*
			1	*ARC - b*
AEC 6b	*3*	*ARC – c*	*1*	*ARC - b*
AEC 7	*3*	*ARC – c*	*1*	*ARC - b*
AEC 8	*3*	*ARC – c*	*1*	*ARC - b*
AEC9	*2*	*ARC - c*	*1*	*ARC - b*
AEC 6c, 10, y 11 No se incluyen en esta tabla ya que conducirían a un ARC-a. Para que un operador pueda justificar una reducción a ARC-a debe demostrar que se cumplen los requisitos de espacio aéreo atípico. **Subject Matter Experts (SME)*				

Tabla 9. Posibles reducciones del ARC inicial.

De manera alternativa, si no es posible justificar formalmente las disminuciones de densidad correspondiente el operador podrá aplicar las mitigaciones estratégicas correspondientes que se entienda consigan una reducción similar.

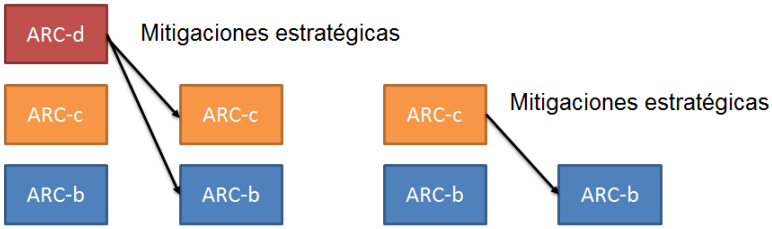


Figura 13. Reducción de índice ARC a ARC-b o ARC-c.

Entre las posibles medidas estratégicas de mitigación de las que puede valerse el operador, se presentan a modo de ejemplo las contenidas en las siguientes tablas, clasificadas en los siguientes escenarios operacionales:

- Operaciones en espacio aéreo no controlado sobre entornos urbanos (con posible reducción de ARC-c a ARC-b);
- Operaciones en espacio aéreo controlado (con posible reducción de ARC-c a ARC-b);
- Operaciones en entorno aeroportuario (con posible reducción de ARC-d a ARC-b).

OPERACIONES EN ESPACIO AÉREO NO CONTROLADO SOBRE ENTORNOS URBANOS
Mitigaciones estratégicas por restricciones operacionales aplicables para reducir ARC-c a ARC-b
a. (Obligatoria) En el caso de operar dentro de un radio de 8 km de cualquier aeropuerto, el establecimiento de una **coordinación con los gestores** de las infraestructuras aeroportuarias, incluyendo los helipuertos, así como (recomendable) **la comprobación en el AIP de los distintos procedimientos de salida y arribada** de dicho aeropuerto en función de su configuración de pista

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	(dirección del viento predominante). Aunque el piloto o responsable de operaciones puede consultar directamente el AIP en la web de ENAIRE y puede también acceder a la misma información, de forma gráfica, a través de las aplicaciones INSIGNIA (https://insignia.enaire.es/) y ENAIRE Drones (https://drones.enaire.es/).
b.	Limitación de altura a **400 ft AGL** (RD 1036/2017) en lugar de los 500 ft contemplados en SORA. También debe entenderse como un margen adicional de seguridad el hecho de que la aviación tripulada debe mantener una altura mínima de 1000 ft sobre los obstáculos más altos (SERA 5005.f.). Adicionalmente, como complemento a lo establecido en el RD 1036/2017, **si se pretende volar por encima del obstáculo más alto situado dentro de un radio de 150 m desde la aeronave**, el operador deberá cumplir con las siguientes medidas: ▪ El piloto debe estará a una **distancia horizontal inferior a 25 m** de la aeronave. ▪ La altura sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 150 m desde la aeronave deberá ser de **máximo 15 m por encima de dicho obstáculo.**
c.	Restricción operacional **en tiempo de exposición**.
d.	Contar con procedimientos para la **comprobación de las actividades y advertencias para los usuarios del espacio aéreo (NOTAM)** en la zona donde tendrá lugar la operación.

Tabla 10. Mitigaciones estratégicas para operaciones sobre entornos urbanos en espacio aéreo no controlado.

OPERACIONES EN ESPACIO AÉREO CONTROLADO O FIZ	
Mitigaciones estratégicas por restricciones operacionales aplicables para reducir ARC-c a ARC-b	
a.	**Todas las mitigaciones estratégicas incluidas en el cuadro OPERACIONES EN ESPACIO AÉREO NO CONTROLADO SOBRE ENTORNOS URBANOS, excepto la medida b., relativa a alturas máximas de operación.**
b.	(Obligatoria) Contar con un **equipo de comunicaciones adecuado capaz de sostener comunicaciones bidireccionales** con las estaciones aeronáuticas y en las frecuencias indicadas para cumplir con los requisitos aplicables al espacio aéreo en que se opere. (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos). Además, (opcional) disponer de sistema alternativo para comunicación con ATS (telefonía móvil).
c.	(Obligatoria) Presentación de un **estudio aeronáutico de seguridad**, realizado al efecto por el operador y **coordinado con el proveedor de servicios de tránsito aéreo** designado en el espacio aéreo de que se trate, que constate la seguridad de la operación.
d.	(Obligatoria) Los pilotos deben tener la calificación de **radiofonista** con nivel de conocimientos de **idioma adecuado** para poder comunicarse con los controladores del espacio aéreo, y disponer de los medios de comunicación por radio con los controladores en banda aeronáutica. Se mantendrá una actitud de escucha activa durante toda la duración de la operación.
e.	(Obligatoria) La generación del **Plan de Vuelo** (FPL) para los servicios de tránsito aéreo o Call Sign **definido para el Operador RPAS**.
f.	(Obligatoria) Contar con la **previa autorización** del control de tránsito aéreo transmitida pre-tácticamente o comunicación al personal de información de vuelo de aeródromo (AFIS).
g.	Posibilidad de análisis de las **franjas horarias** con menor densidad de tráfico aéreo en la zona de operaciones
h.	Restricción operacional y **definición del volumen de operación** reforzado opcionalmente por **geo-caging/geo-fencing/software**, muy particularmente en altura AGL y, siempre que sea posible, al abrigo de obstáculos u orografía. Podrá declararse la reducción y acotación del volumen de espacio aéreo en el que tendrá lugar la operación, incluyendo, si es posible, limitaciones al radio y altitud/altura máxima en la configuración de la controladora de vuelo. Nota: Hoy en día, las controladoras de vuelo de casi la totalidad de fabricantes de drones/RPAS permiten la limitación de, al menos, la distancia/radio máximo entre RPAS y piloto, así como un límite superior de altura que no ha de sobrepasarse (geofencing).

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

i.	Si procede, contar con procedimientos para la **publicación de un NOTAM** en la zona donde tendrá lugar la operación.
j.	Si procede, contar con procedimientos para la solicitud de **segregación de espacio aéreo**.

Tabla 11. Mitigaciones estratégicas para operaciones en espacio aéreo controlado.

En el caso de operaciones en espacio aéreo controlado o en una FIZ, el estudio de seguridad debe reflejar qué aspectos se plantearán y coordinarán, dejando para la propia implementación de las operaciones la concreción de los mismos. Son susceptibles de considerarse, entre otros, los siguientes aspectos. Esta guía no pretende que se planteen todos, sino que el estudio aeronáutico de seguridad del operador refleje cuáles se coordinan con cada ATSP y cómo.

- Aspectos fase estratégica (con antelación suficiente a la operación):
  - coordinación a nivel estratégico;
  - concreción de las mitigaciones estratégicas necesarias;
  - determinación del indicativo de radio ("callsign") e identificación de aeronave a efectos del Plan de Vuelo para los Servicios ATS (código ARCID).

- Aspectos fase pre-táctica (desde pocos días antes de la operación hasta antes de la misma):
  - Planificación del vuelo:
    - plan de vuelo operacional;
    - zona de vuelo;
    - duración del vuelo (hora de comienzo);
    - performances concretas de operación (altura, velocidades máximas, etc.);
    - tramos diferentes de operación, en su caso (tabla o esquema).
  - Coordinación:
    - posibles puntos de transferencia de control;
    - procedimientos de emergencias.
  - Concreción de las mitigaciones tácticas necesarias.

- Aspectos fase táctica (durante la operación):
  - autorización/comunicación del servicio ATS (ATCO o AFISO);
  - plan de vuelo ATS;
  - comunicaciones (líneas de comunicación, frecuencias, indicativo radio, etc.);

- Aspectos adicionales a considerar.

OPERACIONES EN ENTORNO AEROPORTUARIO	
Mitigaciones estratégicas por restricciones operacionales aplicables para reducir ARC-d a ARC-b	
a.	**Todas las mitigaciones estratégicas incluidas en el cuadro OPERACIONES EN ESPACIO AÉREO CONTROLADO.**
b.	**Posibilidad de realizar la operación RPAS en el momento más adecuado**, determinado este por la dependencia del Control ATC afectada. Ciertas operaciones RPAS no admiten dilación, ya que se programan con el cliente para una fecha y hora indicadas. Otras, en cambio, pueden esperar al momento o intervalo de tiempo que la dependencia ATS afectada considere más adecuado (por ejemplo, cuando el aeropuerto más cercano presenta un número de operaciones de aproximación más reducido). Si esta flexibilidad existe para el tipo de operación a realizar, el operador RPAS hará bien en indicarlo, pues podrá reducir el ARC inicial (Air Risk Class) de su operación.
c.	**Publicación de la operación en un NOTAM**, **ATIS o DATIS** u otro medio de difusión aeronáutica.
d.	**Análisis gráfico de los procedimientos de vuelo** ligados a las operaciones de despegue y aterrizaje

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	de los aeropuertos implicados, incluyendo aproximaciones frustradas y despegues con fallo de motor. Esta mitigación no se considera crítica para aglomeraciones de edificios pero sí para operaciones en entorno aeroportuario.
e.	**Análisis de franjas horarias con menor densidad de tráfico aéreo** en la zona de operaciones.
f.	Análisis previo de la cobertura VHF en la zona de operaciones, así como de cobertura de red de telefonía en caso de utilizar este medio como alternativa de comunicación si el medio principal falla.
g.	Posibilidad de uso de **sistema cautivo**, acompañado de una definición técnica detallada.

Tabla 12. Mitigaciones estratégicas para operaciones en entorno aeroportuario.

En cualquier caso, independientemente del escenario en el que se opere, el operador deberá contar con un **equipo de comunicaciones adecuado capaz de sostener comunicaciones bidireccionales** con las estaciones aeronáuticas y en las frecuencias indicadas para cumplir con los requisitos aplicables al espacio aéreo en que se opere. (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos). Además, (opcional) disponer de sistema alternativo para comunicación con ATS (telefonía móvil).

6. (PASO #6 SORA) CONSIDERACIONES DEL ESPACIO AÉREO ADYACENTE

El operador debe analizar qué ocurre si las mitigaciones estratégicas fallan, determinando además la probabilidad de que esto pueda ocurrir. Este análisis debe incluir el tipo de espacio aéreo colindante y debe plantearse teniendo en cuenta, de todos los espacios aéreos colindantes, el que pueda suponer un mayor riesgo.
Por tanto, el operador debe justificar que las mitigaciones estratégicas adoptadas contienen al RPAS dentro del volumen de espacio aéreo planificado para la operación.

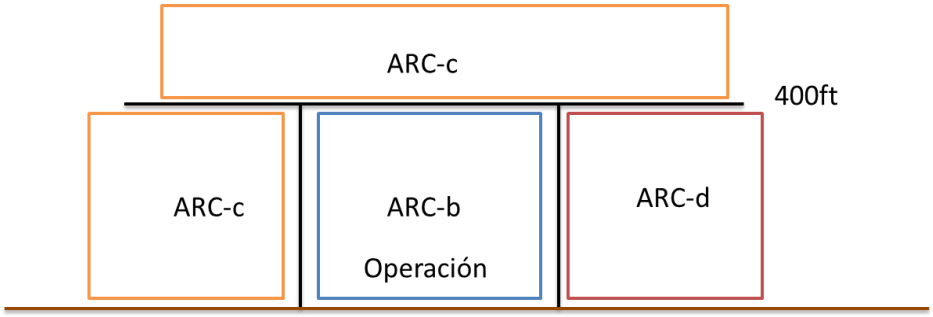


Figura 14. Ejemplo de volumen de operación y volúmenes colindantes de espacio aéreo con distintos ARCs.

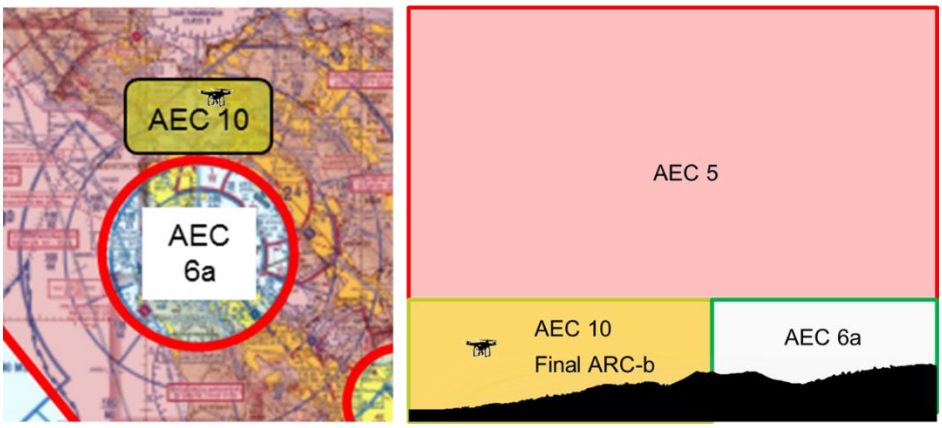
Si el **ARC final** es **ARC-d**, no es necesario definir ninguna medida para garantizar el nivel de integridad de la contención en la zona de espacio aéreo donde se pretende realizar la operación, pues el operador ya debe cumplir con el nivel más exigente de todos los del modelo.

- Si el **ARC final** es **diferente a ARC-d** (utilizar la figura del proceso de asignación del ARC para identificar el ARC de las categorías de espacios aéreos adyacentes, tanto horizontal como vertical, para todas las fases del vuelo) y el volumen de espacio aéreo adyacente es **ARC-d (AEC 1, 2, 3, o 6a)**, entonces el nivel de robustez de la contención debe ser **Alto**.

- Si el **ARC final** es **diferente a ARC-d** (utilizar la figura del proceso de asignación del ARC para identificar el ARC de las categorías de espacios aéreos adyacentes, tanto horizontal como vertical, para todas las fases del vuelo) y el volumen de espacio aéreo adyacente no es **ARC-d (AEC 1, 2, 3, o 6a)**, entonces el nivel de robustez de la contención debe ser **Bajo**.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

A modo de ejemplo, en la siguiente figura se presenta, tanto en planta como en alzado, una situación de operación que requiere un nivel de robustez de la contención Alto:



Vista en planta Vista de perfil

Figura 15. Ejemplo de operación que requiere un nivel de robustez de la contención Alto. (Fuente: JARUS-SORA)

En la siguiente tabla se pueden ver resumidos los objetivos de contención en el volumen de espacio aéreo pretendido:

Objetivos de contención			
Caso operacional	El ARC final es ARC-d	El ARC final es otro distinto a ARC-d y la operación se lleva a cabo en un espacio aéreo adyacente que **no** es un ARC-d.	El ARC final es otro distinto a ARC-d y la operación se lleva a cabo en un espacio aéreo adyacente a uno con ARC-d.
Nivel de robustez de la contención	Bajo	Bajo	Alto
Nivel de integridad; pérdida permisible de contención	Requisitos mínimos de sistemas para todas las operaciones (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos)	Requisitos de sistemas para robustez media (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos) con una pérdida de contención recomendada < 1 por cada 100 horas de vuelo.	Requisitos de sistemas para robustez alta (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos) con una pérdida de contención recomendada < 1 por cada 10000 horas de vuelo.
Garantía de la contención	El operador declara que las mitigaciones pueden contener al RPA en el volumen de espacio aéreo planificado para la operación.	El operador declara que las mitigaciones pueden contener al RPA en el volumen de espacio aéreo planificado para la operación.	El operador presenta evidencia ante AESA de que las mitigaciones pueden contener al RPA en el volumen de espacio aéreo planificado para la operación.

Tabla 13. Objetivos de contención en el volumen de espacio aéreo pretendido.

En cualquier caso, se deberá contar con equipos para **garantizar que la aeronave opere dentro de las limitaciones previstas**, incluyendo el **volumen de espacio aéreo** en el que se pretende que quede confinado el vuelo.

Además de lo indicado en la tabla anterior, en cuanto a los posibles fallos de las medidas mitigadoras de carácter estratégico, el operador puede contemplar adicionalmente lo siguiente:

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

- Establecer zonas adicionales de seguridad, horizontales y verticales.
- Disponer de una estación meteorológica portátil para medir en tiempo real si, por ejemplo, las condiciones de viento se acercan a los límites operacionales de vuelo de las aeronaves, ya que el abandono del volumen de espacio aéreo donde se ha planificado la operación se puede producir por una situación de cambio repentino de las condiciones meteorológicas, como la aparición de ráfagas de viento.

7. REQUISITOS DE RENDIMIENTO DE LAS MITIGACIONES TÁCTICAS (TMPR: MITIGATION PERFORMANCE REQUIREMENT) Y NIVELES DE ROBUSTEZ (PASO #7 SORA)

Las mitigaciones tácticas se aplican para atenuar cualquier **riesgo residual** (riesgo restante después de aplicar las mitigaciones estratégicas) de una colisión en aire a fin de lograr el objetivo de seguridad para el volumen de espacio aéreo considerado. Las mitigaciones tácticas tomarán la forma de "Ver y Evitar" (es decir, operaciones VLOS) o pueden basarse en un sistema que proporcione un medio alternativo para alcanzar el objetivo de seguridad del espacio aéreo aplicable (operación usando un DAA, Detect & Avoid, o múltiples sistemas DAA).

En definitiva, se consideran medidas de mitigación tácticas aquellos procedimientos o decisiones establecidas en un período de tiempo muy pequeño durante el transcurso de la operación de forma que se reduzca el riesgo de colisión en aire mediante la fórmula general de "ve, decide, evita y da feedback". ("See, Decide, Avoid, Feedback Loop - SDAF loop").

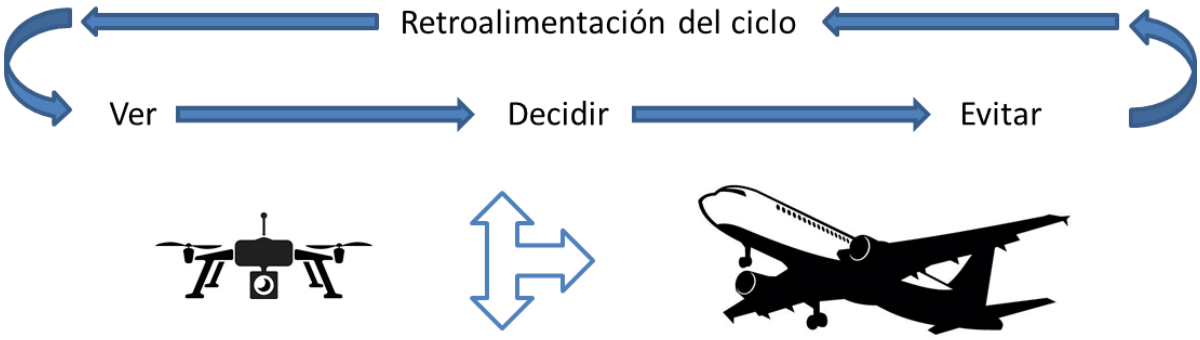


Figura 16. Esquema "ve, decide, evita y da feedback. ("See, Decide, Avoid, Feedback Loop - SDAF loop").

7.1. OPERACIONES UTILIZANDO UN ESQUEMA DE "SEE AND AVOID" (VER Y EVITAR): VLOS/EVLOS

El primer planteamiento es un esquema de "See and Avoid" (Ver y Evitar): **VLOS/EVLOS**.

El hecho de realizar las operaciones en VLOS se considera en sí misma una mitigación táctica aceptable para el riesgo de colisión para todos los niveles de ARC. Aunque es importante que el operador tenga en cuenta que no constituye de por sí la única medida que debe tomar para todos los casos, especialmente en aquellos casos en los que las operaciones se realicen dentro del **entorno aeroportuario definido por SORA**, en los que las medidas estratégicas serán muy exigentes, **deberán complementarse con medidas tácticas adicionales**. Como norma general, **la proximidad a las pistas de despegue y aterrizaje de aeródromos** marcará la exigencia de estas mitigaciones, estando, por supuesto, **supeditadas a la correspondiente coordinación** con los **gestores aeroportuarios** y los **proveedores de servicio de tránsito aéreo** correspondientes.

Las operaciones VLOS no tienen que cumplir, en principio, con los requisitos de TMPR (Requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas – *Tactical Mitigation Performance Requirement*), ni de robustez de TMPR. En este sentido, si hay segmentos de vuelo múltiples, aquellos tramos realizados en VLOS no tienen que cumplir los requisitos de robustez de TMPR.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Tal y como se ha mencionado anteriormente, en aquellos casos en los que las operaciones tengan lugar en espacio aéreo controlado o FIZ y, especialmente, dentro de entorno aeroportuario, se precisa de mitigaciones tácticas adicionales al planteamiento VLOS/EVLOS, que complementen las mitigaciones estratégicas de cada escenario (Véase Tablas 11 y 12) para asegurar que, además de que el RPAS "vea y evite", también permanezca alejado ("*remain well clear*") de otras aeronaves:

MITIGACIONES TÁCTICAS COMPLEMENTARIAS A VLOS/EVLOS
Operaciones sobre entornos urbanos
a. Contar con los medios adecuados para **mantener la conciencia situacional**. En caso de ser necesario, el operador podrá valerse de observadores u otros medios para evitar que se produzca un encuentro fortuito con una aeronave tripulada.
b. **Consideraciones adicionales** de aspectos de espacio aéreo, operacionales y de equipamiento que tienen un impacto directo en la probabilidad del riesgo de colisión con otras aeronaves en el espacio aéreo, **tales como eventos especiales.**
c. Si se pretende volar por encima del obstáculo más alto situado dentro de un radio de 150 m desde la aeronave, el operador deberá cumplir con las siguientes medidas: ▪ **Incorporación de un observador** para completar la conciencia situacional en relación a la posible presencia de aeronaves tripuladas en las inmediaciones de la zona de vuelo. ▪ **Máxima reducción del tiempo de exposición** de la aeronave en esta situación. ▪ Posibilidad de valerse de una radio aeronáutica para detectar posibles aeronaves tripuladas en las inmediaciones de la zona de vuelo.
Operaciones en espacio aéreo controlado o FIZ
a. **La comprobación**, el día de la operación y previos, **de las actividades y advertencias para los usuarios del espacio aéreo (NOTAM)** en la zona donde tendrán lugar las operaciones RPAS. A este respecto, se recomienda el uso de las plataformas INSIGNIA e ICARO XXI y, en concreto, la funcionalidad "BOL" de Boletines de esta última, con toda la información de interés respecto de un aeródromo o área de operaciones.
b. Además de contactar con la dependencia de control ATC para ser autorizado a iniciar la operación RPAS (obligatorio en espacio controlado clase A, B, C y D), el piloto deberá: ▪ Mantenerse a la **escucha activa** en la frecuencia AFIS correcta: SIEMPRE, en cualquier operación. ▪ Solicitar "clearance" o autorización a la dependencia ATC responsable para iniciar la operación y comunicar la finalización de la misma: SIEMPRE que la dependencia ATC así lo haya determinado en la coordinación pre-táctica.
c. La disponibilidad por parte del operador de un Plan de Respuesta ante Emergencia que tenga como medida principal: el **aviso por radio a la dependencia ATS en caso de pérdida de control del RPAS (fly-away).**
d. Ofrecer **asistencia barométrica** al GPS en el cálculo **de altura AGL** del RPA. Se entiende por asistencia barométrica, que el RPAS combine la estimación de altura que resulta de la señal GPS con otra medida proporcionada por un barómetro también integrado en el sistema. Esta mitigación se recomienda especialmente en operaciones dentro de entornos urbanos o en entorno aeroportuario.
e. Posibilidad de uso de **Transpondedor Modo S.** Este sistema es obligatorio si la operación pretendida es BVLOS.
Operaciones en entorno aeroportuario
a. **Todas las mitigaciones tácticas recogidas para operaciones en espacio aéreo controlado y FIZ.**
b. Solicitar **asesoramiento anticolisión** o información de tránsito respecto de aeronaves tripuladas en las inmediaciones: sólo cuando vaya a operarse en zonas de importante densidad de tráfico aéreo, como puedan ser las zonas de arribadas y despegues de un aeropuerto.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

c.	**Uso de geo-caging/geo-fencing.**
d.	Contar con procedimientos para mejorar la conciencia situacional del entorno: Mediante **observador** dedicado o **equipamiento/software** geo-referenciado (Ejemplo: ADS-B IN).
e.	**Comprobación del índice K planetario** menor a 4.
f.	**Aterrizaje inmediato por comunicación del servicio ATS.**

Tabla 14. Mitigaciones tácticas complementarias a VLOS/EVLOS.

En general, y a efectos de las mitigaciones tácticas, los requisitos de VLOS son también aplicables a EVLOS; no obstante, las operaciones EVLOS pueden tener requisitos adicionales a los correspondientes a vuelos VLOS. Los tiempos de verificación y comunicación de EVLOS entre el piloto y los observadores deben ser de **menos de 15 segundos**.

En cualquier caso, el operador debe tener un esquema documentado para resolver un conflicto en VLOS, explicando de qué métodos se servirá para la detección y cuáles son los criterios que se aplicarán para la decisión de evitar un posible tráfico en la zona. En caso de que el piloto remoto dependa de la detección por parte de los observadores, también deberá describirse el uso de la fraseología que se empleará.

Para operaciones VLOS, se parte del criterio de que un observador no podrá detectar el tráfico más allá de 2 NM (3,7 km). Hay que tener en cuenta que el rango de 2 NM no es un valor fijo y puede depender en gran medida de las condiciones atmosféricas, tamaño de la aeronave, geometría, etc. En este sentido, el operador puede tener que ajustar la operación y/o sus procedimientos en consecuencia.

El planteamiento de VLOS como mitigación estratégica no exime al operador de abordar todos los requisitos de seguridad del modelo de riesgo de colisión aérea de SORA. En aquellas situaciones en las que el operador plantea una operación VLOS como una mitigación estratégica y táctica, se debe tener cuidado de no duplicar su contribución en el análisis del riesgo de colisión en aire.

Además, algunas operaciones pueden requerir acciones adicionales para poder asumir que los vuelos VLOS/EVLOS consiguen el efecto mitigador táctico deseado. En este sentido, esta medida podría complementarse con**,** por ejemplo, operaciones en **VLOS reforzado por geofencing** (relacionada con la medida estratégica relativa a la reducción y acotación del volumen de espacio aéreo en el que tendrá lugar la operación). El operador puede reflejar las mitigaciones tácticas que decida implementar en su documentación, por ejemplo, en el Manual de Operaciones.

7.2. OPERACIONES UTILIZANDO USANDO OTROS MEDIOS DISTINTOS AL PLANTEAMIENTO DE "SEE AND AVOID" (VER Y EVITAR: VLOS/EVLOS)

En caso de que no se pueda utilizar un planteamiento de "See and Avoid", se plantearán otras opciones de acuerdo al nivel de riesgo de la operación. Estas pueden ser:

- Servicios de Tránsito Aéreo (ATS);
- Traffic Collision Avoidance System (TCAS);
- Airborne Collision Avoidance System (ACAS-X);
- Mid-Air Collision Avoidance System (MIDCAS);
- Detect and Avoid (DAA);
- Airborne-Based Sense and Avoid (ABSAA);
- Ground-Based Sense and Avoid (GBSAA);
- Sistemas de alarma en vuelo para aviación general;
- Servicios UTM específicos (si estuvieran disponibles).

Una mitigación táctica generalmente se corresponde con una mitigación que se aplica después del despegue

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

de una aeronave y toma la forma de "ciclo de retroalimentación mitigador" o "mitigating feedback loop". Un ciclo de retroalimentación mitigador es un sistema dinámico empleado para reducir la probabilidad de colisión con una aeronave tripulada, basado en información en tiempo real sobre un posible conflicto.
La metodología SORA establece lo que se denominan **requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas** (TMPR – *Tactical Mitigation Performance Requirement*), es decir, aquellos requisitos que se deben imponer a las propias mitigaciones tácticas para conseguir el efecto deseado de evitar una posible colisión con una aeronave tripulada.

En general, los requisitos de TMPR describen los requisitos para mitigaciones tácticas compatibles con medios electrónicos utilizados para ayudar al piloto a detectar y evitar otros tráficos.
En la siguiente tabla y, en función del ARC final, se puede encontrar qué nivel de robustez se asigna a los requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR):

ARC Final	Requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR)	Nivel de robustez de TMPR
ARC-d	Alta	Alta
ARC-c	Media	Media
ARC-b	Baja	Baja
ARC-a	Sin requisitos	Sin requisitos

Tabla 15. Nivel de robustez asignados a los requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR).

- **TMPR Alto (ARC-d)**: este es el caso de espacio aéreo donde hay una tasa de encuentro con aviación tripulada alta y/o las mitigaciones estratégicas disponibles son de una robustez baja. Como consecuencia, el riesgo de colisión residual resultante es alto y, por lo tanto, el TMPR debe ser alto. En este espacio aéreo, el RPAS está operando de manera integrada con otras aeronaves tripuladas y debe cumplir con las reglas y procedimientos existentes para estas, sin reducir la capacidad existente, disminuir la seguridad, impactar negativamente a los operadores existentes o aumentar el riesgo para los usuarios del espacio aéreo o las personas y propiedades en tierra. El número de mitigaciones tácticas y el nivel de rendimiento de esas mitigaciones tácticas generalmente es más alto que el correspondiente para los otros ARC. Para las operaciones habituales en este tipo de espacio aéreo, generalmente se exigirá al operador que cumpla con los requisitos de los estándares del sistema DAA de RTCA SC-228 y/o EUROCAE WG-105 DAA MASPS/MOPS.
- **TMPR Medio (ARC-c)**: se requerirá un TMPR medio para las operaciones en el espacio aéreo donde haya una posibilidad razonable de encontrar aeronaves tripuladas y/o las mitigaciones estratégicas disponibles sean medias. En consecuencia, el riesgo de colisión residual resultante debe contrarrestarse con mitigaciones tácticas de nivel medio. Esta clase de riesgo de colisión requiere más mitigación táctica y requisitos de rendimiento superiores a la ARC-b pero inferiores a los de ARC-d. Las operaciones con una TMPR media probablemente dependerán de sistemas actualmente utilizados en la aviación tripulada para la detección de otras aeronaves (cooperativas), o de sistemas diseñados para apoyar a la aviación tripulada y que consigan un nivel equivalente de robustez. Las maniobras para evitar el tráfico podrían ser más avanzadas que para un TMPR bajo.
    - Nota: Para las operaciones en ARC-c que dependan de la tecnología para detectar el tráfico cooperativo, se considera buena práctica asegurar que otros usuarios del espacio aéreo también puedan detectar el RPA equipando el RPAS en consecuencia.
- **TMPR Bajo (ARC-b)**: se requerirá un TMPR bajo para las operaciones en el espacio aéreo donde la probabilidad de encontrarse con otra aeronave tripulada es baja pero no insignificante y/o donde las mitigaciones estratégicas abordan la mayor parte del riesgo y el riesgo de colisión residual resultante es bajo. Las operaciones con un bajo TMPR cuentan con el respaldo de tecnología diseñada para ayudar al piloto a detectar otro tráfico, pero que puede construirse basada en estándares menos

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

exigentes. Se espera que las maniobras para evitar tráfico se basen principalmente en un descenso rápido a una altitud en la que no se espera que las aeronaves tripuladas operen nunca.

- **Sin requisitos de rendimiento (ARC-a)**: se espera que la tasa de encuentro con aeronaves tripuladas sea muy baja y, por lo tanto, no hay requisitos obligatorios en relación con el TMPR. Generalmente, se acepta que la operación se desarrollará en espacio aéreo donde el riesgo de colisión entre un RPA y una aeronave tripulada es aceptablemente seguro sin la necesidad de justificar ninguna mitigación de colisión. Sin embargo, aunque técnicamente pueda ser seguro volar, desde un punto de vista del riesgo de una posible colisión aérea, no se garantiza el cumplimiento de los requisitos SERA 3201 o de la sección 3.2 de la OACI sobre "Ver y evitar". En este caso el operador debe tratar de mitigar el riesgo, ya sea equipando el RPAS con un medio aceptable alternativo de cumplimiento para "ver y evitar", o justificando que no es necesario.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

En la siguiente tabla se muestra el criterio para aplicar los diferentes niveles de **requisitos TMPR** para diferentes sistemas para detectar y evitar:

Requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR)				
Función	TMPR N/A	TMPR Bajo	TMPR Medio	TMPR Alto
	ARC a	ARC b	ARC c	ARC d
Detectar[2]	Sin requisitos	Se espera que el Plan de DAA del operador permita detectar aproximadamente el **50%** de todas las aeronaves en el volumen de detección[3]. Se requiere que el solicitante tenga conocimiento del tráfico predominante en el área en la que el operador tiene la intención de volar, basándose en uno o más de los siguientes elementos: • Uso de un servicio (basado en Web) de seguimiento/rastreo (tracking) de aeronaves en tiempo real. • Uso de un sistema sencillo de ADS-B IN/UAT/FLARM4/Pilot Aware[4] de seguimiento/ rastreo (tracking) de aeronaves • Uso de sistema dinámico de UTM con Geofencing[5] • Monitorizar las comunicaciones por radio aeronáutica (por ejemplo, el uso de scanner)[6]	Se espera que el Plan de DAA del operador permita detectar aproximadamente el **90%** de todas las aeronaves en el volumen de detección[3]. Para lograr esto, el operador tendrá que depender de uno, o de una combinación, de los siguientes sistemas o servicios: • DAA /RADAR basado en tierra • FLARM[4,7] • Pilot Aware[4,7] • ADS-B IN/ UAT In Receiver[7] • ATC Separation Services[8] • UTM Surveillance Service[5] • UTM con Servicio de Detección y Resolución de Conflictos Temprana (Early Conflict Detection and Resolution Service)[5] • Comunicación activa con ATC y otros usuarios del espacio aéreo[9] • El operador debe proporcionar una evaluación de la efectividad de los métodos/herramientas de detección elegidas.	Un Sistema de DAA que cumpla con RTCA SC-228 o EUROCAE 105 MOPS/MASPS, o requisitos similares
Decidir	Sin requisitos	El operador debe tener un esquema de resolución de conflictos documentado, donde explique qué herramientas o métodos utilizará para la detección de otras aeronaves y cuál será el criterio para la toma de decisiones a la hora de evitar un posible tráfico. En caso de que el piloto remoto confíe la detección a otra persona, deberá describirse, además, cómo será el uso de la fraseología. Ejemplos: • El operador iniciará un descenso rápido si el tráfico cruza a 3 NM y opera a menos de 1000 pies. • El observador usa la frase: "¡LAND! ¡LAND! ¡LAND!".	Todos los requisitos para ARC b y, además: 1. El operador aporta un estudio de los factores del interfaz hombre/ máquina (HMI - human/ machine interface) que puedan afectar a la capacidad del piloto para tomar las decisiones apropiadas de manera oportuna. 2. El operador aporta un estudio de la efectividad de las herramientas o métodos utilizados para la detección y evasión, de manera oportuna, de otras aeronaves. En este contexto, "oportuna" se define como aquella herramienta/ método que permite que el piloto remoto decida dentro de los **5 segundos** posteriores a la recepción de la indicación del posible tráfico en conflicto. El operador proporciona evaluación de la tasa de fallo o la disponibilidad de cualquier herramienta o servicio que el operador pretenda utilizar.	Un Sistema de DAA que cumpla con RTCA SC-228 o EUROCAE 105 MOPS/MASPS, o requisitos similares

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Evitar	Sin requisitos	En la mayoría de los casos, se espera que la evasión se base en el descenso rápido a una altitud en la cual el encuentro con otra aeronave sea extremadamente remoto. En general, se considera suficiente, descender a una altura no superior a los árboles, edificios o infraestructuras más cercanos o ≤ **60 pies**. La aeronave debería poder descender de su altitud de operación a la "altitud segura" en menos de un minuto o poder hacerlo a ≥ **500 pies por minuto**.	La evasión puede basarse en maniobras de evasión vertical y horizontal, definidas en los procedimientos del operador. Cuando se apliquen maniobras horizontales, se deberá demostrar que la aeronave tiene una performance adecuada, tales como velocidad respecto al aire, aceleraciones, ratios de ascenso/ descenso o las velocidades de giro. Se recomiendan las siguientes performances: • Velocidad respecto al aire: ≥ **60 nudos** • Ratio de ascenso/ descenso: ≥ **1000 pies / min** • Velocidad de giro: **≥ 3 grados / s**	Un Sistema de DAA que cumpla con RTCA SC-228 o EUROCAE 105 MOPS/MASPS, o requisitos similares
Ciclo	Sin requisitos	Cuando los medios electrónicos asisten al piloto remoto a detectar el tráfico, la información se debe proporcionar con una latencia y velocidad de actualización de los datos del tráfico en conflicto (por ejemplo, posición, velocidad, altitud, seguimiento/tracking) que respalden los criterios de la decisión a tomar. Para un supuesto umbral de 3 NM, se considera adecuada una velocidad de actualización de 5 segundos y una latencia de **10 segundos** (ver ejemplo a continuación). La latencia de todo el enlace de mando y control (C2), es decir, el tiempo entre el momento en que el piloto remoto acciona un comando y la aeronave ejecuta la orden no debe exceder los **5 segundos**.	La información se proporciona al piloto remoto con una de latencia y velocidad de actualización que respalden los criterios de decisión. El operador proporciona una evaluación de las tasas de respuesta teniendo en cuenta el tráfico que razonablemente podría esperarse que opere en la zona, la velocidad de actualización de la información del tráfico y la latencia, latencia de enlace C2, la maniobrabilidad, y las performances de la aeronave y establece los umbrales de detección en consecuencia. Se recomiendan los siguientes criterios mínimos: • Velocidad de actualización de datos del vector (rumbo marcado desde el mismo) del tráfico en conflicto y propio: ≤ **3 segundos**. • Latencia del enlace de mando y control (C2) desde el que se acciona un comando hasta la ejecución por parte de la aeronave ≤ **3 segundos**.	Un Sistema de DAA que cumpla con RTCA SC-228 o EUROCAE 105 MOPS/MASPS, o requisitos similares

Tabla 16. Requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR).

Notas:

- (1) Una tasa de encuentro muy baja se define como la tasa de encuentro entre aeronaves tripuladas y el RPA que puede demostrarse que es inferior a 1E-4 (espacio aéreo no controlado) o 1E-6 (espacio aéreo controlado) encuentros por hora de vuelo. Un encuentro se define como la proximidad del RPA a una aeronave tripulada de 3000 ft en horizontal y ± 350 ft en vertical.
- (2) Las tasas de detección que figuran para ARC b (50%) and ARC c (90%) en la tabla anterior se obtiene del trabajo de los expertos que participan en la iniciativa internacional JARUS.
- (3) El tamaño del volumen de espacio aéreo donde deben detectarse otros tráficos depende de la velocidad de los posibles tráficos que razonablemente se puedan encontrar, del tiempo requerido por el piloto remoto para acometer correctamente la maniobra de evasión, del tiempo requerido por el sistema para responder, de la maniobrabilidad de la aeronave y de sus propias performances. El volumen de espacio aéreo donde debe detectarse otros tráficos ha de maximizarse por seguridad.
- (4) FLARM y PilotAware son productos/marcas disponibles comercialmente (de marca registrada). Se mencionan aquí solo como tecnologías a modo de ejemplo. Las referencias no implican un respaldo de AESA para el uso de estos productos. También se pueden usar otros productos que ofrecen funciones similares.
- (5) Estos se refieren a posibles aplicaciones futuras de sistemas automatizados de gestión del tráfico para aeronaves no tripuladas en un entorno UTM/U-Space. Estas

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

aplicaciones pueden no existir como tales hoy en día. Además, es posible que estos servicios requieran, en su momento, una suscripción.

- (6) En el caso de operaciones en espacio aéreo controlado o FIZ se requiere disponer de los conocimientos necesarios para obtener la calificación de radiofonista, acreditados mediante habilitación anotada en una licencia de piloto o certificación emitida por una organización de formación aprobada (ATO) o escuela de ultraligeros, así como acreditar un conocimiento adecuado del idioma o idiomas utilizados en las comunicaciones entre el controlador y la aeronave, atendiendo a las condiciones operativas del espacio aéreo en el que se realice la operación.
- (7) La selección de sistemas para ayudar en la detección electrónica del tráfico debe hacerse considerando el equipamiento que realmente equiparán la mayoría de las aeronaves que operan en el volumen de espacio aéreo considerado. Por ejemplo: en áreas donde se sabe que operan muchos planeadores, se debe considerar el uso de FLARM o sistemas similares, mientras que, para las operaciones en las cercanías de grandes aeronaves operadas comercialmente, ADS-B IN es probablemente más apropiado. En áreas donde se sabe que las aeronaves no están equipadas con dispositivos de visibilidad electrónica (por ejemplo, FLARM, ADS-B, Pilot Aware, etc.), debe considerarse el uso de RADAR basado en tierra.
- (8) El uso de servicios de separación ATC requiere el compromiso previo del ANSP para proporcionar estos servicios. El operador debe cumplir con cualquier limitación impuesta por el ANSP.
- (9) Requiere disponer de los conocimientos necesarios para obtener la calificación de radiofonista, acreditados mediante habilitación anotada en una licencia de piloto o certificación emitida por una organización de formación aprobada (ATO) o escuela de ultraligeros, así como acreditar un conocimiento adecuado del idioma o idiomas utilizados en las comunicaciones entre el controlador y la aeronave, atendiendo a las condiciones operativas del espacio aéreo en el que se realice la operación.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

En las tablas a continuación se presentan los requisitos recomendados para cumplir con el **nivel de integridad y garantía de TMPR (Robustez del TMPR)**:

Mitigaciones tácticas Integridad		NIVEL DE INTEGRIDAD			
		TMPR: N/A (ARC-a)	TMPR: Bajo (ARC-b)	TMPR: Medio (ARC-c)	TMPR: Alto (ARC-d)
Robustez del sistema de mitigaciones tácticas TMPR	Criterio	Probabilidad admisible de pérdida de la mitigación táctica inferior a 1 por cada 100 horas de vuelo	Probabilidad admisible de pérdida de la mitigación táctica inferior a 1 por cada 100 horas de vuelo	Probabilidad admisible de pérdida de la mitigación táctica inferior a 1 por cada 1.000 horas de vuelo	Probabilidad admisible de pérdida de la mitigación táctica inferior a 1 por cada 100.000 horas de vuelo
	Comentarios/ Notas	El requisito se considera cumplido por los productos disponibles comercialmente. No se requiere un análisis cuantitativo.	El requisito se considera cumplido por los productos disponibles comercialmente. No se requiere un análisis cuantitativo.	Esta tasa deber ser proporcional a una condición de fallo probable, y asumir que estas condiciones de fallo ocurrirán una o más veces durante toda la vida operativa de cada aeronave.	Se requiere un análisis cuantitativo.

Tabla 17. Nivel de integridad para los requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR).

Mitigaciones tácticas Garantía		NIVEL DE GARANTÍA			
		TMPR: N/A (ARC-a)	TMPR: Bajo (ARC-b)	TMPR: Medio (ARC-c)	TMPR: Alto (ARC-d)
Robustez del sistema de mitigaciones tácticas TMPR	Criterio	No se requiere	El operador declara que el sistema de mitigación táctica y los procedimientos mitigarán el riesgo de colisión con aeronaves tripuladas hasta un nivel aceptable.	El operador aporta evidencias de que el sistema de mitigación táctica y los procedimientos mitigarán el riesgo de colisión con aeronaves tripuladas a un nivel aceptable.	Las evidencias de que el sistema de mitigación táctica y los procedimientos mitigarán el riesgo de colisión con aeronaves tripuladas a un nivel aceptable son validadas por una tercera parte competente.
	Comentarios/ Notas				

Tabla 18. Nivel de garantía para los requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR).

Además, se deben considerar aspectos adicionales referentes al espacio aéreo, operacionales y de equipamiento, que puedan tener un impacto directo en la probabilidad del riesgo de colisión con otras aeronaves en el espacio aéreo, tales como eventos especiales o zonas TMZ.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

En referencia al equipamiento, se debe analizar si el rendimiento del sistema se ve muy afectado por el equipamiento de los RPAS y del resto de aeronaves que puedan suponer una amenaza.

En el estudio no solo se debe indicar qué equipos o subsistemas se incluirán en el RPAS en relación con la implementación de las respectivas mitigaciones (estratégicas y tácticas), sino que deberá analizar el efecto de los mismos en términos de su eficacia. En este sentido, cobran especial valor aquellos destinados a dar cobertura a las mitigaciones tácticas, ya que una mitigación táctica es un proceso destinado a mitigar el riesgo de encuentro mediante un ciclo de retroalimentación de "ver/detectar, decidir y evitar". Cualquier equipo que ayude a estas funciones, "ver/detectar, decidir y evitar", aumentará el rendimiento del sistema de mitigación táctica.

El equipo utilizado en la implementación de una mitigación táctica no es homogéneo en todo espacio aéreo. Diferentes espacios aéreos requerirán diferentes combinaciones de equipamiento. Debido a la variedad de equipos instalados en las aeronaves, un sistema táctico específico (por ejemplo, FLARM, ACAS, etc.) podría mitigar el riesgo de una colisión de manera adecuada en algunos espacios aéreos y no ser eficaces en otros.

Por lo tanto, es importante que el operador comprenda la efectividad de sus sistemas tácticos de mitigación dentro del contexto del espacio aéreo en el cual intenta operar y seleccionar los sistemas que usará como mitigación táctica en consecuencia.

Por último, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Luces u otros dispositivos, o pintura adecuada** para garantizar su visibilidad. Además, para **vuelos nocturnos**, se deberá contar con **luces de navegación y luces anticolisión**. (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos)
- En caso de operaciones **más allá del alcance visual del piloto (BVLOS)**, la aeronave pilotada por control remoto (RPA) deberá tener **instalado un dispositivo de visión orientado hacia delante**. (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos)
- Además, todas las aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) que pretendan volar en **espacio aéreo controlado**, excepto operaciones dentro del alcance visual del piloto (VLOS) de aeronaves cuya masa máxima al despegue no **exceda de 25 kg**, deberán estar equipadas con un **transpondedor Modo S**. El transpondedor deberá desconectarse cuando lo solicite el proveedor de servicios de tránsito aéreo. (Ver Apéndice O – Requisitos de los equipos)

8. DETERMINACIÓN DEL SAIL (SPECIFIC ASSURANCE AND INTEGRITY LEVEL) (PASO #8 SORA)

El parámetro elegido para consolidar el análisis de riesgo en tierra y aire y para llevar a cabo las operaciones requeridas es el **SAIL** (Specific Assurance and Integrity Level). El SAIL representa el **nivel de confianza en que la operación del RPAS permanecerá bajo control**.

Una vez establecido el GRC y el ARC finales, es posible derivar el SAIL asociado con el ConOps propuesto.

El nivel de confianza representado por SAIL es cualitativo, y corresponde a:

- **objetivos** a cumplir;
- **descripción de las actividades** que podrían respaldar el cumplimiento de esos objetivos; y
- **evidencia** para indicar que los objetivos han sido satisfechos.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

En la siguiente tabla se recoge cómo el operador puede determinar el SAIL a partir del GRC final y el ARC final:

Determinación del SAIL				
	ARC final			
GRC Final	a	b	c	d
1	**I**	**II**	**IV**	**VI**
2	**I**	**II**	**IV**	**VI**
3	**II**	**II**	**IV**	**VI**
4	**III**	**III**	**IV**	**VI**
5	**IV**	**IV**	**IV**	**VI**
6	**V**	**V**	**V**	**VI**
7	**VI**	**VI**	**VI**	**VI**
>7	categoría certificada (C)			

Tabla 19. Determinación del SAIL.

9. IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL (OSOs: OPERATIONAL SAFETY OBJECTIVES) (PASO #9 SORA)

El último paso del proceso SORA es evaluar las defensas frente las posibles amenazas dentro de la operación en forma de **objetivos de seguridad operacional (OSOs)** y el nivel de robustez asociado dependiendo del SAIL. La siguiente tabla proporciona una metodología cualitativa para realizar esta determinación. En esta tabla, debe entenderse "O" como opcional, "L" como de robustez baja, "M" como de robustez media, y "H" como de robustez alta. Los diferentes OSOs se agrupan según la amenaza que ayudan a mitigar. Por lo tanto, algunos OSOs pueden agruparse en la tabla por tener un enfoque análogo.

La citada tabla constituye una lista consolidada de OSOs que se han utilizado para garantizar la seguridad de las operaciones de RPAS. Recoge la experiencia de muchos expertos y, por tanto, es un punto de partida sólido para determinar los objetivos de seguridad necesarios para una operación específica.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Nº del OSO (en línea con el Anexo E)	Barrera a la amenaza	SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
Problema técnico del RPAS							
OSO#1	Asegurar que el operador es competente y / o ha demostrado su capacidad como tal	O	L	M	H	H	H
OSO#2	El RPAS es fabricado por una entidad competente y / o aprobada	O	O	L	M	H	H
OSO#3	El mantenimiento del RPAS se realiza por una entidad competente y/o probada	L	L	M	M	H	H
OSO#4	El RPAS ha sido desarrollado según estándares de diseño reconocidos	O	O	O	L	M	H
OSO#6	El rendimiento del enlace C3 es adecuado para la operación	O	L	L	M	H	H
OSO#5	El RPAS está diseñado considerando la seguridad y fiabilidad del sistema	O	O	L	M	H	H
OSO#7	Inspección del RPAS (inspección del producto) para garantizar la coherencia con el ConOps (Concepto de Operación)	L	L	M	M	H	H
OSO#8	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales para afrontar problemas técnicos con el RPAS	L	M	H	H	H	H
OSO#9	La tripulación remota está entrenada adecuadamente, incluyendo el entrenamiento recurrente, y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista técnico del sistema	L	L	M	M	H	H
OSO#10	Recuperación segura del sistema ante un problema técnico	L	L	M	M	H	H
Deterioro de los sistemas externos que apoyan el funcionamiento del RPAS							
OSO#11	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales que sirvan para manejar el deterioro de los sistemas externos que apoyan la operación del RPAS	L	M	H	H	H	H
OSO#12	El RPAS está diseñado para gestionar el deterioro de los sistemas externos que le apoyan	L	L	M	M	H	H
OSO#13	Los servicios externos que apoyan la operación del RPAS son adecuados para la operación	L	L	M	H	H	H

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Nº del OSO (en línea con el Anexo E)	Barrera a la amenaza	SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
Error humano							
OSO#14	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales para afrontar errores humanos	L	M	H	H	H	H
OSO#15	La tripulación remota está entrenada adecuadamente, incluyendo el entrenamiento recurrente, y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista del error humano	L	L	M	M	H	H
OSO#16	Coordinación de la tripulación múltiple	L	L	M	M	H	H
OSO#17	La tripulación remota se encuentra en condiciones adecuadas para la operación	L	L	M	M	H	H
OSO#18	Se establece protección automática de la envolvente de vuelo frente a error humano	O	O	L	M	H	H
OSO#19	Recuperación segura tras un error humano	O	O	L	M	M	H
OSO#20	Se realiza una adecuada evaluación de los Factores Humanos, y el Interfaz Hombre Máquina (HMI) es adecuado para la operación	O	L	L	M	M	H
Condiciones operacionales adversas							
OSO#21	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales adecuados en caso de que existan condiciones adversas	L	M	H	H	H	H
OSO#22	La tripulación remota está entrenada para identificar las condiciones ambientales críticas y evitarlas	L	L	M	M	M	H
OSO#23	Se definen las condiciones del entorno para operaciones seguras, de manera que sean medibles y se establecen procedimientos para gestionarlas	L	L	M	M	H	H
OSO#24	El RPAS ha sido diseñado y calificado para condiciones ambientales adversas.	O	O	M	H	H	H

Tabla 19. Objetivos de Seguridad Operacional (OSOs) recomendados.

Debe tenerse en cuenta que el requisito de contar con **medios para que el piloto conozca la posición de la aeronave durante el vuelo** puede incluirse en los requisitos que se establezcan para el **OSO#13**.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Las **mitigaciones a las amenazas** que materializan los objetivos de seguridad operacional anteriormente descritos que el operador debe plantear se muestran en la Tabla 19. En ella, para alcanzar ciertos niveles de integridad y garantía se requiere el cumplimiento de más de un criterio. En tal caso, todos los criterios establecidos para dicho nivel de integridad y garantía deben cumplirse.

En general, una **robustez baja** se conseguirá con la combinación de nivel de integridad **bajo** y garantía **baja**, a excepción de los **OSOs 1, 3, 7, 9, 15, y 22,** que requerirán un **nivel de garantía medio**. La **robustez media** se alcanzará al menos con la combinación de un nivel de integridad **medio** y nivel de garantía **medio**.

10. INFORME EXHAUSTIVO DE SEGURIDAD (Paso #10 SORA)

El proceso SORA proporciona al operador, a la autoridad competente y al ANSP una metodología que incluye una serie de mitigaciones y objetivos de seguridad que deben considerarse para garantizar un nivel adecuado de confianza en que la operación puede llevarse a cabo de manera segura. Todo el proceso previamente explicado se presentará con el índice desarrollado en el propio Apéndice y se incluirán de manera detallada, al menos, los siguientes aspectos:

- mitigaciones utilizadas para modificar el GRC intrínseco;
- mitigaciones estratégicas para el ARC inicial;
- mitigaciones tácticas para el ARC final;
- objetivos de contención en el espacio aéreo deseado;
- objetivos de seguridad operacional (OSO).

La justificación satisfactoria de las mitigaciones y los objetivos requeridos por el proceso SORA proporciona un nivel suficiente de confianza de que la operación propuesta pueda llevarse a cabo con seguridad. El operador debe asegurarse de considerar cualquier requerimiento adicional a los identificados por el proceso SORA (por ejemplo, relativo a *security*).

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

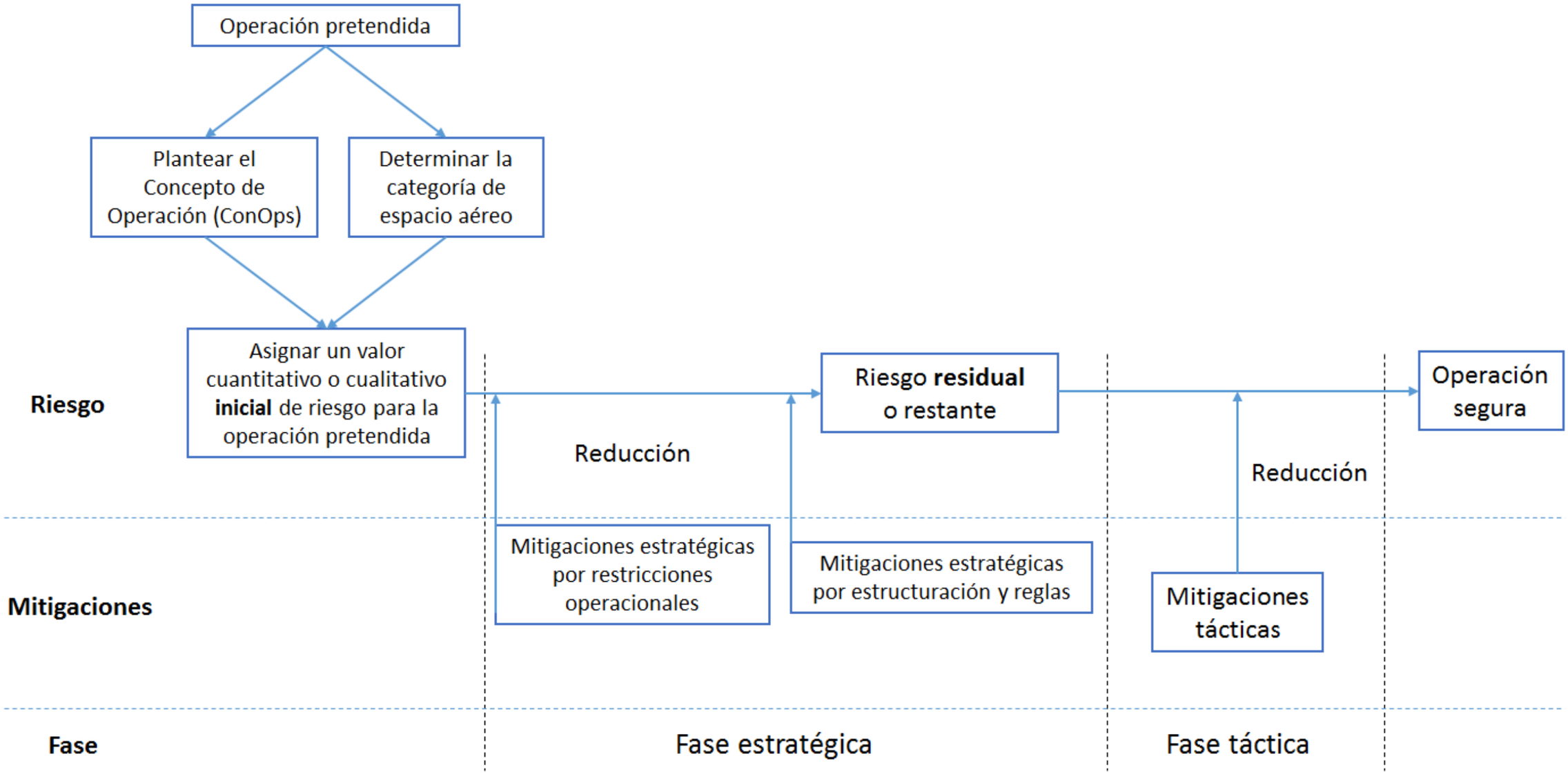


Figura 17. Esquema del análisis de riesgos y sus mitigaciones para el análisis del riesgo de colisión en aire.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

MITIGACIONES A LOS DAÑOS

Mitigaciones a los daños	Nivel Bajo			Nivel Medio		
	Integridad	**Garantía**	**Documentación a aportar**	**Integridad**	**Garantía**	**Documentación a aportar**
M#1 Se dispone de un Plan de Respuesta a la Emergencia (ERP) efectivo, disponible para su uso, y que ha sido validado	Criterio #1 (Procedimientos): • No se implementa un ERP o el ERP no cumple con los requisitos definidos para el nivel de integridad "Medio" o "Alto".	Criterio #1 (Procedimientos): • No se requiere que los procedimientos sean validados contra estándares reconocidos. • El operador declara la adecuación de los procedimientos y las checklists.	N/A	Criterio #1 (Procedimientos): El ERP: - Es proporcional al riesgo y complejidad de las operaciones pretendidas; - Define criterios para identificar una situación de emergencia; - Reduce el riesgo de las personas en tierra (al limitar el efecto escalada en caso de que se den consecuencias negativas ("scalating effect"); - Es práctico de usar; - Define claramente las funciones y responsabilidades de los miembros de la tripulación remota.	Criterio #1 (Procedimientos):El operador presenta ante AESA evidencias de que se ha logrado el nivel requerido de integridad. Los procedimientos son validados contra estándares reconocidos*. La adecuación de los procedimientos se prueba a través de: - Pruebas o ensayos y mediante experiencia operativa. Podrán aportarse como documentación justificativa registros de los vuelos de prueba con las condiciones de simulación oportunas para las operaciones (Ver Apéndice G). Para justificar la experiencia operativa se deberá proceder de acuerdo a lo descrito en el Apéndice N. - Simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto. Para las zonas donde se lleve a cabo la operación (volumen de operación), las pruebas deben tener en cuenta varias tipologías de zonas de seguridad y posibles incursiones del RPA en dichas zonas de seguridad. * Se considera, a efectos de estándares reconocidos, la plantilla planteada por AESA que incluye, por un lado, los procedimientos de emergencia, y por otro, el propio plan propuesto por el operador para limitar el efecto de escalada repentina. El primero contendrá los procedimientos (Manual de Operaciones) y caracterización de los sistemas; y el segundo, se basará en lo publicado por AESA en materia de autoprotección de aeropuertos, incluyendo las secuencias de actuación en caso de emergencia y las funciones y responsabilidades del personal implicado.	Criterio #1 (Procedimientos): • Manual de Operaciones. • Plan de Respuesta a la Emergencia (como parte del Manual de Operaciones o Anexo del mismo) • Registros resultantes de los vuelos de prueba. • Copia del libro de vuelo del piloto.
	Criterio #2 (Formación): • La formación propuesta no abarca el ERP o solo parcialmente.	Criterio #2 (Formación): • No cumple con el criterio de nivel "Medio" de garantía.	N/A	Criterio #2 (Formación): • Los pilotos reciben formación teórica y práctica relativa al ERP, preferiblemente basada en competencias. Esta formación será inicial y recurrente, y se incluirá en el mantenimiento de la competencia del piloto remoto.	Criterio #2 (Formación): • El operador organiza la formación teórica y práctica, preferiblemente basada en competencias.	Criterio #2 (Formación): • Manual de Operaciones
M#2 Se dispone de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra: **Sistema de reducción de energía de impacto**	Criterio #1 (Diseño técnico): • Se reducen los efectos de la dinámica de impacto y los riesgos posteriores al impacto. Se acepta, en términos de energía cinética, que el dispositivo de reducción de energía de impacto pueda garantizar que la energía en el momento del supuesto impacto con personas no sea mayor de 80 J. • La altura de vuelo mínima y la envolvente de vuelo de la operación se deberá calcular en base a la capacidad del sistema de terminación segura del vuelo para reducir la energía de impacto de la aeronave a menos de 80 J.	Criterio #1 (Diseño técnico): • El operador presentará evidencias de que se ha logrado el nivel requerido de integridad. Esto generalmente se logra mediante pruebas o ensayos, simulación*, inspección, revisión del diseño o mediante experiencia operativa. *Cuando se utilice la simulación, se debe justificar la representatividad del entorno que se pretende simular.	Criterio #1 (Diseño técnico): • Caracterización de la aeronave, incluyendo la caracterización del equipo de reducción de energía de impacto (o en un documento aparte) • Resultado de los ensayos o pruebas del sistema de reducción de energía de impacto. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.	Criterio #1 (Diseño técnico): • El RPAS contiene todos los elementos necesarios para la activación apropiada de la mitigación al daño, ya sea manual o automática, en caso de un probable* fallo o mal funcionamiento. • Se reducen los efectos de la dinámica de impacto y los riesgos posteriores al impacto. Se acepta, en términos de energía cinética, que el dispositivo de reducción de energía de impacto pueda garantizar que la energía en el momento del supuesto impacto con personas no sea mayor de 80 J. • La altura de vuelo mínima y la envolvente de vuelo de la operación se deberá calcular en base a la capacidad del sistema de terminación segura del vuelo para reducir la energía de impacto de la aeronave a menos de 80J. *El término "probable" debe entenderse en su interpretación cualitativa, es decir, "Se prevé que ocurra una o más veces durante todo el sistema / la vida operativa de un elemento".	Criterio #1 (Diseño técnico): • El operador presentará evidencias de que se ha logrado el nivel requerido de integridad. Esto generalmente se logra mediante pruebas o ensayos, simulación*, inspección, revisión del diseño o mediante experiencia operativa. *Cuando se utilice la simulación, se debe justificar la representatividad del entorno que se pretende simular.	Criterio #1 (Diseño técnico): • Caracterización de la aeronave, incluyendo la caracterización del equipo de reducción de energía de impacto (o en un documento aparte) • Resultado de los ensayos o pruebas del sistema de reducción de energía de impacto. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	Criterio #2: • La instalación y mantenimiento de las medidas propuestas para reducir los efectos de la dinámica de impacto del RPA se realizan de acuerdo a las instrucciones del fabricante.	Criterio #2: • El operador presentará evidencias de que se ha logrado el nivel requerido de integridad. La adecuación de los procedimientos se demuestra a través de vuelos de prueba específicos, o simulación, justificando que la representatividad de los medios de simulación es adecuada por el propósito de la misma.	Criterio #2: • Caracterización de la aeronave, incluyendo la caracterización del equipo de reducción de energía de impacto (o en un documento aparte) • Resultado de los ensayos o pruebas del sistema de reducción de energía de impacto. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.	Criterio #2: • La instalación y mantenimiento de las medidas propuestas para reducir los efectos de la dinámica de impacto del RPA se realizan de acuerdo a las instrucciones del fabricante.	Criterio #2: • El operador presentará evidencias de que se ha logrado el nivel requerido de integridad: - Los procedimientos son validadas respecto a estándares reconocidos. - La adecuación de los procedimientos se demuestra a través de vuelos de prueba específicos, o simulación, justificando que la representatividad de los medios de simulación es adecuada por el propósito de la misma.	Criterio #2: • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización del equipo de reducción de energía de impacto (o en un documento aparte) • Resultado de los ensayos o pruebas del sistema de reducción de energía de impacto. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.
	Criterio #3 (Formación): • El operador identifica y proporciona la formación del personal encargado de la instalación y mantenimiento de las medidas propuestas para reducir los efectos de la dinámica de impacto del RPA.	Criterio #3 (Formación): • El operador presentará evidencias de que organiza la formación teórica y práctica, preferiblemente basada en competencias para el uso del sistema de reducción de energía de impacto.	Criterio #3 (Formación): • Manual de Operaciones.	Criterio #3 (Formación): • El operador identifica y proporciona la formación del personal encargado de la instalación y mantenimiento de las medidas propuestas para reducir los efectos de la dinámica de impacto del RPA.	Criterio #3 (Formación): • El operador presentará evidencias de que organiza la formación teórica y práctica, preferiblemente basada en competencias para el uso del sistema de reducción de energía de impacto.	Criterio #3 (Formación): • Manual de Operaciones.
M#2 Se dispone de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra: **Mitigación para la protección de personas que no participan activamente en la operación**	• Utiliza RPAs de menos de 10 kg y opera a velocidades inferiores a 180 km/h. • No hay posibilidad de garantizar que no habrá personas que no participen activamente en la operación bajo la zona de operación del RPAS.	• El operador declara que ha alcanzado el nivel de integridad requerido.	• Declaración del operador	El operador: • Utiliza RPAs de menos de 10 kg y opera a velocidades inferiores a 180 km/h. • Opera en una zona acotada o manteniendo adecuadas distancias de seguridad, de manera que se prevé que no habrá personas que participen activamente en la operación en la zona de operación del RPAS.	• El operador reflejará en su manual de operaciones cómo se procederá a garantizar que se ha alcanzado el nivel de integridad requerido. Se definirán las distancias de seguridad, los procedimientos para acortar las zonas, etc. Se podrán realizar pruebas o ensayos, o simulación*. *Cuando se utilice la simulación, se debe justificar la representatividad del entorno que se pretende simular.	• Caracterización de la Aeronave. • Manual de Operaciones.
M#3 Se dispone de sistemas de contención técnica implementada y efectiva: **Volumen de contingencia y Estrategia de recuperación de emergencia**	Criterio #1 (Definición): • El operador define: 1) El volumen de espacio aéreo de la operación compuesto por la geografía del vuelo y el volumen de contingencia (Ver modelo semántico en el Apéndice S) 2) Un margen por riesgo en tierra (Ver modelo semántico en el Apéndice S) que cumpla al menos con la regla 1:1*. Además, el piloto remoto elabora una planificación de la ruta antes de cada operación con datos actualizados que incluyan información del espacio aéreo y de obstáculos. *Por ejemplo, si se planea que la aeronave vuele a 100 m de altura, el margen por riesgo en tierra debería ser, al menos, de 100 m.	Criterio #1 (Definición): • El operador declara que ha alcanzado el nivel de integridad requerido.	Criterio #1 (Definición): • Declaración del operador	Criterio #1 (Definición): • El mismo que para el nivel de integridad "Bajo". Además, la definición del margen por riesgo en tierra teniendo en cuenta: - Los probables* fallos y malfuncionamientos (incluidos la proyección de partes con alta energía cinética como rotores y hélices). - Las condiciones meteorológicas (por ejemplo, el viento). - Las latencias de la aeronave (por ejemplo, aquellas latencias que afectan al tiempo de maniobrabilidad del RPA). - El comportamiento de la aeronave en caso de activación de la estrategia de recuperación de emergencia. - Las performances de la aeronave. *El término probable se entiende bajo una interpretación cualitativa; por ejemplo "Se espera se produzca una o dos veces durante la vida útil del sistema o subsistema considerado".	Criterio #1 (Definición): • El operador presenta evidencias que justifican que el nivel de integridad requerido se ha conseguido. Esto generalmente se consigue mediante o pruebas o ensayos y mediante experiencia operativa. Podrán aportarse como documentación justificativa registros de los vuelos de prueba con las condiciones de simulación oportunas. (Ver Apéndice G). Para justificar la experiencia operativa se deberá proceder de acuerdo a lo descrito en el Apéndice N. Cuando se utilicen medios de simulación* para definir el volumen de contingencia o el margen de riesgo en tierra el operador deberá abarcar varias tipologías de zonas de seguridad y posibles incursiones del RPA en dichas zonas de seguridad. *Cuando se utilicen medios de simulación la representatividad de éstos debe estar probada para el fin previsto.	Criterio #1 (Definición): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización de los equipos que garantizan la contención en el volumen de espacio aéreo pretendido para la operación. • Resultado de los ensayos o pruebas del sistema de contención. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

				La modulación del nivel de robustez se consigue a través del nivel de garantía y del criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencias).		
	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): •El piloto remoto se asegura de manera razonable la contención de la operación en el volumen de espacio aéreo donde se pretende realizar.	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • El operador declara que ha alcanzado el nivel de integridad requerido.	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • Declaración del operador	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • El mismo que para el nivel de integridad "Bajo". Además: 1) La estrategia de recuperación de emergencia para la recuperación de la aeronave en todos los probables* modos de fallo del RPAS evita una pérdida de la contención de la operación en el volumen de espacio aéreo planificado. 2) El piloto remoto chequea antes de cada operación que los parámetros especificados para asegurar la contención de la aeronave en el volumen de espacio aéreo planificado se establecen en la estrategia de recuperación de emergencia. *El término probable se entiende bajo una interpretación cualitativa; por ejemplo, "Se espera se produzca una o dos veces durante la vida útil del sistema o subsistema considerado"	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • El operador presenta evidencias que justifican que el nivel de integridad requerido se ha conseguido. Esto generalmente se consigue mediante o pruebas o ensayos y mediante experiencia operativa. Podrán aportarse como documentación justificativa registros de los vuelos de prueba con las condiciones de simulación oportunas. (Ver Apéndice G). Para justificar la experiencia operativa se deberá, proceder de acuerdo a lo descrito en el Apéndice N. Cuando se utilicen medios de simulación* para definir el volumen de contingencia o el margen de riesgo en tierra el operador deberá abarcar arias tipologías de zonas de seguridad y posibles incursiones del RPA en dichas zonas de seguridad. *Cuando se utilicen medios de simulación la representatividad de éstos debe estar probada para el fin previsto.	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización de los equipos que garantizan la que la estrategia de recuperación de emergencia para la recuperación de la aeronave en todos los probables modos de fallo del RPAS es adecuada. • Resultado de los ensayos o pruebas del equipo que garantizan la que la estrategia de recuperación de emergencia. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.
M#3 Se dispone de sistemas de contención técnica implementada y efectiva: **Operación con aeronave cautiva**	Criterio #1 (Diseño técnico): • La aeronave ha de estar cautiva.	Criterio #1 (Diseño técnico): • El operador declara que ha alcanzado el nivel de integridad requerido.	Criterio #1 (Diseño técnico): • Declaración responsable	Criterio # 1 (Diseño técnico): • El mismo que para nivel de integridad "Bajo". Además: 1) La longitud del cable es adecuada para contener la aeronave en el volumen de operación. 2) La resistencia del cable es compatible con las cargas límite* esperadas durante la operación. 3) La resistencia de los puntos de unión es compatible con las cargas límite* esperadas durante la operación. 4) La atadura no se puede cortar al girar las hélices. * Las cargas límite son las cargas máximas esperadas considerando todos los posibles escenarios nominales y de fallo con un factor de seguridad mínimo de 1.5. La modulación del nivel de robustez se consigue a través del nivel de garantía.	Criterio # 1 (Diseño técnico): • El operador aporta evidencias (incluidas las especificaciones del material de sujeción) de que se ha alcanzado el nivel requerido de integridad. Esto se logra normalmente por medio de pruebas o experiencia operacional. Las pruebas pueden basarse en simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto.	Criterio #1 (Diseño técnico): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización del cable (o en un documento aparte) • Resultado de los ensayos o pruebas del cable. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba, complementados con los análisis de resistencia del cable, o descripción del fabricante del mismo. • Manual de Operaciones.
	Criterio #2 (Procedimientos): • No se cumplen los criterios para el nivel de integridad "Medio".	Criterio #2 (Procedimientos): • No se requiere que los procedimientos sean validados contra estándares reconocidos. • El operador declara la adecuación de los procedimientos y checklists.	Criterio #2 (Procedimientos): • Declaración responsable	Criterio #2 (Procedimientos): El operador tiene procedimientos para instalar e inspeccionar periódicamente la condición del cable. La modulación del nivel de robustez se consigue a través del nivel de garantía.	Criterio # 2 (Procedimientos): Los procedimientos son validados contra estándares reconocidos. La adecuación de los procedimientos se prueba a través de: - Pruebas o ensayos y mediante experiencia operativa. Podrán aportarse como documentación justificativa registros de los vuelos de prueba con las condiciones de simulación oportunas para las operaciones en zonas de aglomeraciones de edificios. (Ver Apéndice G). Para justificar la experiencia operativa se deberá proceder de acuerdo a lo descrito en el Apéndice N. - Simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto.	Criterio #2 (Procedimientos): • Procedimientos para instalar e inspeccionar periódicamente la condición del cable.

Tabla 20a. Mitigaciones a los daños para niveles de integridad y garantía bajo y medio.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Mitigaciones a los daños	Nivel Alto		
	Integridad	**Garantía**	**Documentación a aportar**
M#1 Se dispone de un Plan de Respuesta a la Emergencia efectivo, disponible para su uso, y que ha sido validado	Criterio #1 (Procedimientos): • El operador presenta ante AESA evidencias de que se ha logrado el nivel requerido de integridad. Los procedimientos son validados contra estándares reconocidos. La adecuación de los procedimientos se prueba a través de: - Pruebas o ensayos y mediante experiencia operativa. Podrán aportarse como documentación justificativa registros de los vuelos de prueba con las condiciones de simulación oportunas para las operaciones nocturnas. (Ver Apéndice G). Para justificar la experiencia operativa se deberá proceder de acuerdo a lo descrito en el Apéndice N. - Simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto. - Para las zonas donde se lleve a cabo la operación (volumen de operación y volumen de contingencia), las pruebas deben tener en cuenta varias tipologías de zonas de seguridad y posibles incursiones del RPA en dichas zonas de seguridad.	Criterio #1 (Procedimientos): • Mismo que para el nivel de integridad “Medio”. Además: - Todos los vuelos de prueba para validar los procedimientos cubren de manera completa la envolvente de vuelo o se utilizan criterios conservativos. - Pruebas o ensayos y mediante experiencia operativa. Podrán aportarse como documentación justificativa registros de los vuelos de prueba con las condiciones de simulación oportunas para las operaciones nocturnas. (Ver Apéndice G). Para justificar la experiencia operativa se deberá, proceder de acuerdo a lo descrito en el Apéndice N.	Criterio #1: • Manual de Operaciones. • Plan de Respuesta a la Emergencia (como parte del Manual de Operaciones o Anexo del mismo) • Registros resultantes de los vuelos de prueba. • Copia del libro de vuelo del piloto.
	Criterio #2 (Formación): • El operador organiza la formación teórica y práctica basada en competencias.	Criterio #2 (Formación): • El operador organiza la formación teórica y práctica basada en competencias. Las competencias de los pilotos remotos deben ser verificadas por una tercera parte reconocida.	Criterio #2: • Manual de Operaciones. • Registro de verificación de la formación en el ERP.
M#2 Se dispone de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra: Sistema de reducción de energía de impacto	Criterio #1 (Diseño técnico): • Mismo que nivel de integridad “Medio”. Además: - Se reducen los efectos de la dinámica de impacto y los daños post impacto hasta un nivel que razonablemente no ocurra ninguna lesión mortal. - El operador puede implementar, a su discreción, medios adicionales de activación manual.	Criterio #1 (Diseño técnico): • El nivel de integridad se conseguirá mediante validación por una tercera parte competente: Las entidades que pretendan realizar ensayos que conduzcan a una validación de los requisitos de equipos obligatorios por el Real Decreto 1036/2017 deberá, seguir los criterios establecidos en el mismo, y ser un laboratorio acreditado según la norma ISO17025.	Criterio #1 (Diseño técnico): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización del equipo de reducción de energía de impacto (o en un documento aparte) • Certificado por una tercera parte competente del resultado de los ensayos o pruebas del sistema de reducción de energía de impacto. • Manual de Operaciones.
	Criterio #2 (Procedimientos): • La instalación y mantenimiento de las medidas propuestas para reducir los efectos de la dinámica de impacto del RPA se realizan de acuerdo a las instrucciones del fabricante.	Criterio #2 (Procedimientos): • Mismo que para el nivel de garantía “Medio”. Además: - Todos los vuelos de prueba para validar los procedimientos cubren de manera completa la envolvente de vuelo o se utilizan criterios conservativos. - Los procedimientos, vuelos de prueba y simulaciones están validadas por una tercera parte competente.	Criterio #2 (Procedimientos): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización del equipo de reducción de energía de impacto (o en un documento aparte) • Certificado por una tercera parte competente del resultado de los ensayos o pruebas del sistema de reducción de energía de impacto. • Manual de Operaciones.
	Criterio #3 (Formación): • El operador identifica y proporciona la formación del personal encargado de la instalación y mantenimiento de las medidas propuestas para reducir los efectos de la dinámica de impacto del RPA.	Criterio #3 (Formación): • El operador organiza la formación teórica y práctica basada en competencias. • Las competencias de los pilotos remotos deben ser verificadas por una tercera parte reconocidas.	Criterio #3 (Formación): • Manual de Operaciones. • Registro de verificación de la formación en el sistema de reducción de energía de impacto.
M#2 Se dispone de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra: Mitigación para la protección de personas que no participan activamente en la operación	El operador demuestra que no existe la posibilidad de que ninguna persona que no participe en la operación quedará bajo la zona de operación del RPAS, teniendo en cuenta la masa y la velocidad de la aeronave.	El nivel de integridad se conseguirá mediante validación por una tercera parte competente.	Documento que acredita que se cumple con el nivel de garantía requerido.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

M#3 Se dispone de sistemas de contención técnica implementada y efectiva: **Volumen de contingencia y estrategia de recuperación de emergencia**	Criterio #1 (Definición): • El mismo que para el nivel de integridad "Bajo". Además, la definición de margen por riesgo en tierra teniendo en cuenta: - Los probables* fallos y malfuncionamientos (incluidos la proyección de partes con alta energía cinética como rotores y hélices). - Las condiciones meteorológicas (por ejemplo el viento). - Las latencias de la aeronave (por ejemplo aquellas latencias que afectan al tiempo de maniobrabilidad del RPA). - El comportamiento de la aeronave en caso de activación de la estrategia de recuperación de emergencia. - Las performances de la aeronave. *El término probable se entiendo bajo una interpretación cualitativa; por ejemplo "Se espera se produzca una o dos veces durante la vida útil del sistema o subsistema considerado". La modulación del nivel de robustez se consigue a través del nivel de garantía y del criterio #2 la estrategia de recuperación de emergencia.	Criterio #1 (Definición): • El nivel de integridad se conseguirá mediante validación por una tercera parte competente.	Criterio #1 (Definición): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización de los equipos que garantizan la contención en el volumen de espacio aéreo pretendido para la operación. • Certificado emitido por una tercera parte competente del resultado de los ensayos o pruebas del sistema de contención. • Manual de Operaciones.
	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • El mismo que para el nivel de integridad "Medio" y además: 1) Existe, al menos, un medio automático para activar la función de recuperación (por ejemplo, cuando no hay confianza en el enlace de datos). 2) La estrategia de recuperación de emergencia no debería permitir que un fallo lleve a la aeronave fuera del volumen de contingencia*. 3) La disponibilidad ** de la estrategia de recuperación de emergencia es proporcionada al piloto remoto. *Esto implica que: - Se pueden detectar todos los fallos de la estrategia de recuperación de emergencia. - Con una arquitectura no redundante, la operación debería abortarse tan pronto como se detecte un fallo en la estrategia de recuperación de emergencia. **El término "disponibilidad" debe entenderse como el estado de funcionamiento de la estrategia de recuperación de emergencia	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • El nivel de integridad se conseguirá mediante validación por una tercera parte competente.	Criterio #2 (Estrategia de recuperación de emergencia): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización de los equipos que garantizan que la estrategia de recuperación de emergencia para la recuperación de la aeronave en todos los probables modos de fallo del RPAS es adecuada. • Resultado de los ensayos o pruebas de los equipos que garantizan que la estrategia de recuperación de emergencia es adecuada. Se aceptarán como válidos los informes de resultados satisfactorios de los vuelos prueba. • Manual de Operaciones.
M#3 Se dispone de sistemas de contención técnica implementada y efectiva: **Operación con aeronave cautiva**	Criterio # 1 (Diseño técnico): • El operador aporta evidencias (incluidas las especificaciones del material de sujeción) de que se ha alcanzado el nivel requerido de integridad. • Esto se logra normalmente por medio de pruebas o experiencia operacional. • Las pruebas pueden basarse en simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto.	Criterio #1 (Diseño técnico): • El nivel de integridad se conseguirá mediante validación por una tercera parte competente.	Criterio #1 (Diseño técnico): • Caracterización de la Aeronave, incluyendo la caracterización del cable (o en un documento aparte) • Certificado emitido por una tercera parte competente del resultado de los ensayos o pruebas, complementados con los análisis de resistencia del cable, o descripción del fabricante del mismo. • Manual de Operaciones.
	Criterio #2 (Procedimientos): • El operador tiene procedimientos para instalar e inspeccionar periódicamente la condición del cable. La modulación del nivel de robustez se consigue a través del nivel de garantía.	Criterio #2 (Procedimientos): • Mismo que para el nivel de garantía medio, además: - Todos los vuelos de prueba para validar los procedimientos cubren de manera completa la envolvente de vuelo o se utilizan criterios conservativos. - Los procedimientos, vuelos de prueba y simulaciones están validadas por una tercera parte competente.	Criterio #2 (Procedimientos): • Procedimientos para instalar e inspeccionar periódicamente la condición del cable.

Tabla 20b. Mitigaciones a los daños para niveles de integridad y garantía alto.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL (OSO)

OSO	Nivel Bajo			Nivel Medio		
	Integridad	**Garantía**	**Documentación a aportar**	**Integridad**	**Garantía**	**Documentación a aportar**
OSO #1 Asegurar que el operador es competente y / o ha demostrado su capacidad como tal	El operador debe demostrar amplio conocimiento del uso del RPAS y la implantación de, al menos, los procedimientos operacionales detallados a continuación: • Definición de las responsabilidades y funciones; • Programa de mantenimiento; • Entrenamiento y formación; • Listas de chequeo.	Declaración responsable por parte del operador. El operador deberá recoger todo lo especificado en el nivel de integridad en su manual de operaciones, programa de mantenimiento, manual de instrucción (si procede) y libro de vuelo del piloto.	Declaración responsable de que se cumple con el nivel de integridad.	El mismo que para nivel bajo. Adicionalmente, el operador debe tener: • Una organización proporcional a su tamaño y a la complejidad de sus operaciones; • Un método para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados a las operaciones, de acuerdo con la naturaleza y el alcance de estas.	Se debe presentar para revisión por parte de AESA: • Manual de operaciones; • Programa de mantenimiento; • Manual de instrucción (si procede); • Libro de vuelo del piloto. Además, deberá implementar un método para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados a las operaciones.	• Manual de operaciones. • Método para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados a las operaciones (podrá estar incluido en el manual de operaciones). • Programa de mantenimiento. • Manual de instrucción (si procede).
OSO #2 RPAS fabricados por una entidad competente y/o probada (ej. estándares de la industria)	Los procedimientos de fabricación cubren al menos: • La idoneidad y durabilidad de los materiales utilizados; • Especificación de los materiales; • Procesos necesarios para permitir la repetibilidad y la conformidad dentro de tolerancias aceptables.	Los procedimientos de fabricación declarados se desarrollan con un estándar adecuado reconocido por la autoridad competente y/o de conformidad con los medios aceptables de cumplimiento de esa autoridad.	• Caracterización del RPAS (Ver Apéndice D) suministrada por el fabricante. • Declaración de conformidad suministrada por el fabricante. En la declaración deberá indicarse en base a qué estándar y/o medio aceptable de cumplimiento se ha fabricado el RPAS.	El mismo que para nivel bajo. Además, los procedimientos de fabricación abarcan, al menos: • Control de configuración; • Verificación de productos, partes, materiales y equipos entrantes; • Identificación y trazabilidad; • Inspecciones y pruebas finales y del proceso; • Control y calibración de herramientas; • Gestión y almacenamiento; • Control de elementos no conformes.	El mismo que para nivel bajo. Además, existe evidencia de que el RPAS se ha fabricado de conformidad con su diseño.	•Misma documentación que para el nivel bajo. Además: • Se presentará evidencia (certificado emitido por el fabricante) de que se cumple con el estándar declarado.
OSO #3 El mantenimiento del RPAS se realiza por una entidad competente y/o probada	Criterio #1: Se han definido procedimientos de mantenimiento del RPAS en base a los requisitos e instrucciones del fabricante en forma de un programa de mantenimiento (Apéndice H).	Criterio #1.a: Se dispone de un programa de mantenimiento con, al menos, los puntos incluidos en la guía para la elaboración del programa de mantenimiento (Apéndice H).	Criterio #1.a: Programa de mantenimiento.	Criterio #1: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo. Adicionalmente: • Una vez terminada la acción de mantenimiento del RPAS, la puesta en servicio del mismo debe efectuarse únicamente por el personal de mantenimiento que cuente con autorización por parte del operador para la puesta en servicio de ese RPAS en particular o de un modelo equivalente. • Las puestas en servicio deben estar recogidas en el sistema de registros.	Criterio #1.a: Mismo criterio que para nivel de garantía bajo. • El manual de mantenimiento incluye una lista actualizada del personal de mantenimiento autorizado para llevar a cabo las puestas en servicio del RPAS.	Criterio #1.a: El operador presenta el programa de mantenimiento (Apéndice H) para su revisión por parte de AESA.
		Criterio #1.b: El mantenimiento se documenta mediante un sistema de registros de mantenimiento conforme a lo establecido en el Apéndice Q, que incluye al menos: a) Los vuelos realizados y el tiempo de vuelo; b) Las deficiencias ocurridas antes de y durante los vuelos; para su análisis y resolución; c) Los eventos significativos relacionados con la seguridad; d) Las inspecciones y acciones de mantenimiento y sustituciones de piezas realizadas.	Criterio #1.b: Sistema de registros de mantenimiento.		Criterio #1.b: Mismo criterio que para nivel de garantía bajo. Además, los procedimientos de mantenimiento deben estar de a acuerdo a un estándar adecuado reconocido por la autoridad competente y/o de conformidad con los medios aceptables de cumplimiento de esa autoridad.	Criterio #1.b: El operador presenta el sistema de registro de mantenimiento (Apéndice Q) para su revisión por parte de AESA.
	Criterio #2: Se ha definido el personal de mantenimiento y es competente. Además, el personal designado aplica los procedimientos establecidos en el programa de mantenimiento.	Criterio #2.a: En el caso de que el mantenimiento de aeronaves de **menos de 2 kg** se realice por parte del operador, se presentará una declaración responsable de que el personal de mantenimiento es competente en base a la información proporcionada por el fabricante. El personal de mantenimiento, así como sus funciones y responsabilidades, se definen en el manual de operaciones.	Criterio #2.a: • Declaración responsable de competencia del personal; • Lista actualizada del personal designado para mantenimiento y sus cualificaciones relevantes en materia de mantenimiento; • Manual de operaciones (Organización)	Criterio #2: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo.	Criterio #2.a: Mismo criterio que para nivel de garantía bajo. Adicionalmente: • Todo el personal de mantenimiento ha recibido formación básica de mantenimiento por parte del operador. • La formación básica proporcionada por el operador está avalada por un syllabus y un método de formación, incluyendo duración, contenidos teóricos y prácticos, etc. • El personal de mantenimiento autorizado por el operador a realizar puestas en servicio de un RPAS en concreto, debe contar con formación específica de mantenimiento de ese RPAS o uno equivalente, basada en manuales de formación y/o instrucciones de mantenimiento del fabricante.	Criterio #2: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo. Adicionalmente: • El operador presenta el programa de mantenimiento (Apéndice H) para su revisión por parte de AESA, donde figura la formación básica y específica impartida al personal de mantenimiento.
		Criterio #2.b: Para aeronaves de **más de 2 kg, e**l mantenimiento del RPA puede realizarlo: • El fabricante o el titular del Certificado de Tipo (en su caso). • Organizaciones que hayan recibido formación adecuada del fabricante y dispongan de la documentación técnica	Criterio #2.b: Certificados de formación expedidos por la organización adecuada.		Criterio #2.a: Mismo criterio que para nivel de garantía bajo. Adicionalmente:	Criterio #2: Certificados de formación expedidos por el fabricante.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

		aeronave. Se deberá presentar certificado de formación expedido por la organización adecuada. • Operadores que hayan recibido formación adecuada del fabricante.				
OSO #4 **El RPAS ha sido desarrollado según estándares de diseño reconocidos**	El RPAS está diseñado siguiendo estándares reconocidos, proporcionales al nivel bajo de integridad.	El operador declara que el RPAS ha sido diseñado de acuerdo a estándares reconocidos.	Declaración responsable del operador.	El RPAS está diseñado siguiendo estándares reconocidos, proporcionales al nivel medio de integridad.	El operador aporta evidencias de que el RPAS ha sido diseñado de acuerdo a estándares reconocidos.	Evidencias de que el RPAS ha sido diseñado de acuerdo a estándares reconocidos.
OSO #8 #11 #14 #21 **Los procedimientos operacionales están definidos, validados y tienen en cuenta los siguientes factores: Problemas técnicos, deterioro de los sistemas externos, errores Humanos y condiciones adversas de operación según proceda.**	Criterio #1: El operador dispondrá de un manual de operaciones que establezca la información y los procedimientos para realizar sus operaciones con, al menos, los contenidos establecidos en el Apéndice E, haciendo hincapié en los siguientes apartados: • Planificación de las operaciones; • Inspecciones pre y post-vuelo; • Procedimientos para evaluar las condiciones ambientales durante la operación (Ej: Evaluación en tiempo real); • Procedimientos que cubran las condiciones adversas de operación (Ej: Cómo actuar en caso de encontrarse con nieve durante la operación, cuando no estaba dentro de lo planificado); • Procedimientos normales de operación; • Procedimientos de contingencia (que cubran las situaciones anormales); • Procedimientos de emergencia (que cubran las situaciones de emergencia); • Procedimientos para la notificación de sucesos; • Limitaciones de los sistemas externos que apoyan la operación del RPAS.	Declaración responsable por parte del operador de la justificación de la adecuación de los procedimientos, excepto en lo relativo a los procedimientos de emergencia, que además deben ser testados mediante vuelos de prueba o simulaciones.	• Manual de Operaciones. Debe estar firmado e indicar que los procedimientos son adecuados y se realizarán las operaciones siguiendo en todo momento los mismos. • Vuelos de prueba. Se han realizado los vuelos de prueba incluyendo situaciones de emergencia conforme al apéndice G.	Criterio #1: Mismo criterio que para nivel integridad bajo.	Criterio #1: Los procedimientos anormales y de emergencia han sido probados mediante pruebas en vuelo o simulaciones.	Criterio #1: • Manual de Operaciones. Debe contener todos los puntos establecidos en el Apéndice E. • Vuelos de prueba. Se han realizado los vuelos de prueba incluyendo situaciones anormales y de emergencia conforme al apéndice G.
	Criterio #2: Conocimiento por parte de la tripulación remota de sus funciones.			Criterio#2 : Los procedimientos operacionales están optimizados para evitar la sobrecarga de trabajo de terceras partes implicadas en la operación (Ej: Controladores aéreos)	Criterio #2: Los procedimientos operacionales deben estar validados de acuerdo a estándares reconocidos.	Criterio #2: Manual de operaciones, que debe documentar la optimización de los procedimientos al objeto de cumplir este objetivo de seguridad.
	Criterio #3: Las tareas operacionales están claramente definidas en el manual de operaciones.			Criterio #3.a: Conocimiento por parte de todo el personal implicado en la operación de sus funciones.	Criterio #3.a: Se documenta en el Manual de Operaciones el procedimiento de distribución del mismo.	Criterio #3.a: Manual de operaciones. Procedimiento de distribución del Manual de Operaciones.
				Criterio #3.b: Detectar e incluir dentro los procedimientos operacionales del Manual de Operaciones los errores humanos más probables que puedan ocurrir durante la operación.	Criterio #3.b: Se documenta en el Manual de Operaciones tareas en los procedimientos operacionales y los posibles errores humanos que puedan producirse potencialmente.	Criterio #3.b: Manual de operaciones. Establecimiento claro de tareas en los procedimientos operacionales.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OSO#5 El RPAS está diseñado considerando la seguridad y fiabilidad del sistema	El equipo, los sistemas y las instalaciones están diseñados para minimizar los riesgos para el RPAS en caso de un probable mal funcionamiento o fallo.	Se encuentra disponible una evaluación de riesgos funcionales y una evaluación de diseño e instalación que corrobora la minimización de riesgos.	Caracterización del RPAS y declaración de conformidad suministradas por el fabricante. Evidencias documentales de las evaluaciones realizadas para minimizar los riesgos.	Mismo criterio que para el de integridad bajo. Además: • El software (SW) y el hardware electrónico embarcado (AEH) cuyos errores de desarrollo pueden causar o contribuir a una situación de fallo peligrosa o catastrófica, se desarrollan según estándares adecuados reconocidos. • Se establece la estrategia para la detección alerta y gestión de cualquier fallo que condujera a un peligro.	Se requiere un análisis de seguridad y una evaluación del desarrollo del SW AEH en línea con estándares adecuados reconocidos. (Ver JARUS AMC RPAS.1309)	• Caracterización del RPAS y declaración de conformidad suministradas por el fabricante. • Evidencia documental del procedimiento de evaluación implementado, así como del análisis realizado, para evitar fallos de SW/AEH en su desarrollo.
OSO #6 El rendimiento del enlace C3 es adecuado para la operación	Criterio #1: Robustez del enlace C2. • Uso al menos de modulaciones FHSS, DSSS y OFDM o de modulaciones de robustez similar; • Uso de cualquier otro tipo de modulación. (Ej: Portadora fija)	Criterios desde #1 hasta #4: El operador presenta ante AESA una declaración responsable en la que expone que ha alcanzado el nivel de integridad exigido, puesto que cumple con la legislación nacional.	Criterios desde #1 hasta #4: Declaración responsable.	Criterio #1: Robustez del enlace C2. •Uso de modulaciones del tipo FHSS+DSSS o de robustez similar.	Criterios desde #1 hasta #4: El nivel de integridad se alcanza cuando ya se ha alcanzado el nivel bajo y, además, el operador presenta ante AESA documentación que demuestre que el enlace de comunicaciones C2 cumple con los requisitos de integridad descritos en el nivel medio.	Criterio #1: Informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño e incluso pruebas basadas en la experiencia profesional del operador.
	Criterio #2: Redundancia de equipos. • Enlaces sin equipos redundantes.			Criterio #2: Redundancia de equipos. • Uso de, al menos, redundancia del tipo “Reserva fría” o “Cold stand-by”. • El operador del RPAS debe realizar para cada operación o escenario operacional un estudio que determine qué requisitos de redundancia son necesarios para esa operación o escenario. Estos requisitos de redundancia deben ser proporcionales al riesgo de la operación. • El piloto debe realizar un test previo antes de la operación que asegure el funcionamiento de los sistemas redundantes.		Criterio #2 y #3: Lista de chequeo prevuelo que verifique los ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño y pruebas por parte del operador.
	Criterio #3: Redundancia de bandas de frecuencias. • Enlace de comunicaciones C2 en una única banda de frecuencias.			Criterio #3: Redundancia de bandas de frecuencias. • Uso de al menos dos bandas de frecuencias distintas. • Los enlaces C2 deben trabajar en bandas de frecuencias que eviten la interferencia mutua entre ellos. • El piloto debe realizar un test previo antes de la operación que asegure el funcionamiento de los sistemas redundantes incluyendo la compatibilidad de los enlaces C2 con cargas de pago a bordo del RPA.		
	Criterio #4: Canalizaciones • El canal de RF de trabajo del RPAS no se puede seleccionar.			Criterio #4: Canalizaciones • El canal de RF de trabajo del RPAS se puede seleccionar, bien de forma automática, o bien de forma manual.		Criterio #4: Informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño e incluso pruebas basadas en la experiencia profesional del operador.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	Criterio #5: Estudios “in-situ” del espectro antes de realizar operaciones. • El piloto remoto no necesita realizar ningún estudio de análisis de espectro antes de realizar las operaciones	Criterios desde #5 hasta #10: El operador presenta ante AESA una declaración responsable en la que expone que ha alcanzado el nivel de integridad exigido, puesto que cumple con la legislación nacional.	Criterios desde #5 hasta #10: Declaración responsable.	Criterio #5: Estudios “in-situ” del espectro antes de realizar operaciones. • Si se están usando bandas de frecuencias de uso común, inmediatamente antes de realizar una operación el piloto remoto debe realizar “in situ” un análisis espectral de frecuencias para averiguar qué canales de comunicaciones están libres y cuáles están ocupados.	Criterios desde #5 hasta #10: El nivel de integridad se alcanza cuando ya se ha alcanzado el nivel de integridad bajo y, además, el solicitante presenta ante AESA documentación que demuestre que el enlace de comunicaciones C2 cumple con los requisitos de integridad descritos en el nivel medio.	Criterio #5: Lista de chequeo prevuelo que verifiquen los ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño y pruebas por parte del operador.
	Criterio #6: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre nivel de señal recibido. • Señal visual o mensaje alfanumérico por pantalla, o señal acústica del nivel de la señal del enlace C2.			Criterio #6: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre nivel de señal recibido. • Mismos requisitos que en el nivel de integridad bajo, incluidos los enlaces C2 redundantes descritos en Criterio #3 para nivel de integridad medio.		Criterio #6: Informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño e incluso pruebas basadas en la experiencia profesional del operador.
	Criterio #7: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre “heartbeat” o latido en los sistemas RPAS. • El sistema debe mostrar acuses de recibo positivos o negativos de los mensajes de la señal del enlace C2.			Criterio #7: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre “heartbeat” o latido en los sistemas RPAS. • Mismos requisitos que en el nivel de integridad bajo, incluidos los enlaces o enlace C2, que estén activos descritos en Criterio #2 para nivel de integridad medio.		Criterio#7: Informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño e incluso pruebas basadas en la experiencia profesional del operador.
	Criterio #8: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre tiempo máximo en que puede permanecer el RPA en un estado deteriorado antes de que el RPA lleve a cabo alguna acción predeterminada. •El tiempo máximo en un estado Deteriorado viene fijado por el fabricante sin que se pueda modificar.			Criterio #8: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre tiempo máximo en que puede permanecer el RPA en un estado deteriorado antes de que el RPA lleve a cabo alguna acción predeterminada. • El tiempo máximo en un estado deteriorado viene fijado por el fabricante sin que se pueda modificar. • El operador debe realizar un estudio previo para cada operación o escenario operacional que garantice que este parámetro es adecuado para el riesgo de la operación.		Criterios#8, #9 y #10: Caracterización de la aeronave que incluya informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño e incluso pruebas basadas en la experiencia profesional del operador.
	Criterio #9: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre tiempo máximo en que puede permanecer el RPA en un estado de pérdida del enlace de comunicación C2 antes de que el RPA lleve a cabo una acción predeterminada. • El tiempo máximo en un estado de Pérdida del enlace C2 viene fijado por el fabricante sin que se pueda modificar.			Criterio #9: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre tiempo máximo en que puede permanecer el RPA en un estado de pérdida del enlace de comunicación C2 antes de que el RPA lleve a cabo una acción predeterminada. • El tiempo máximo en un estado de pérdida del enlace C2 viene fijado por el fabricante sin que se pueda modificar. • El operador debe realizar un estudio previo para cada operación o escenario operacional que garantice que este parámetro es adecuado para el riesgo de la operación.		
	Criterio #10: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre acciones predeterminadas o programadas que el RPA puede llevar a cabo en caso de entrar en el estado deteriorado o en el estado de pérdida del enlace de comunicación C2. • Las acciones predeterminadas o			Criterio #10: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre acciones predeterminadas o programadas que el RPA puede llevar a cabo en caso de entrar en el estado deteriorado o en el estado de pérdida del enlace de comunicación C2. • Las acciones predeterminadas o programadas las determina el fabricante		

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	programadas las determina el fabricante sin que se puedan modificar.			sin que se puedan modificar. • El operador debe realizar un estudio previo para cada operación o escenario operacional que garantice que estas acciones son adecuadas para el riesgo de la operación.		
	Criterio #11: Bandas de frecuencias. • Utilización de bandas de frecuencia de uso común en los enlaces C2. No es necesario solicitar una autorización para poder utilizar estas frecuencias. • Además, el enlace C2 debe ser compatible con el resto de equipos integrados (incluidas las cargas de pago) a bordo del RPA y de todo el sistema RPAS.	El operador presenta ante AESA una declaración responsable en la que expone que ha alcanzado el nivel de integridad exigido, puesto que cumple con la legislación nacional.	Declaración responsable.	Criterio #11: Bandas de frecuencias: • Utilización de bandas de frecuencia de uso común, con la condición de que el piloto remoto cumpla con los requisitos sobre estudios "in-situ" descritos en el criterio #5 para nivel de integridad medio. • Además, los enlaces C2 deben ser compatibles con el resto de equipos integrados (incluidas las cargas de pago) a bordo del RPA y de todo el sistema RPAS.	El nivel de integridad se alcanza cuando ya se ha alcanzado el nivel de integridad bajo y, además, el solicitante presenta ante AESA documentación que demuestre que el enlace de comunicaciones C2 cumple con los requisitos de integridad descritos en el nivel medio.	Caracterización de la aeronave que incluya informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño e incluso pruebas basadas en la experiencia profesional del operador.
OSO #7 Inspección del RPAS (inspección del producto) para garantizar la coherencia con el ConOps (Concepto de Operación)	Criterio #1: La tripulación remota realizará inspecciones del RPAS para asegurar que está en condiciones de realizar la operación indicada conforme al ConOps que se vaya a realizar y la habilitación y/o autorización obtenidas.	Criterio #1: Las inspecciones quedarán documentadas en el manual de operaciones como se indica en los puntos 10 y 11 del Apéndice E.	Criterio #1 y #2: Manual de operaciones. El Manual de operaciones debe de estar firmado e indicar que los procedimientos son adecuados y se realizarán las operaciones siguiendo en todo momento los mismos. Se incluirá una declaración responsable de que el personal está adecuadamente formado.	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio #1: Las inspecciones del RPAS deben tener en cuenta las instrucciones del fabricante. Estas inspecciones se documentan mediante listas de chequeo.	Criterio #1 y #2: • Manual de operaciones. • Caracterización de la aeronave.
	Criterio #2: La tripulación remota será competente para realizar las inspecciones del RPAS.	Criterio #2: Los entrenamientos recurrentes para mantener la competencia quedarán definidos en el manual de operaciones. En los cursos de conversión se deben incluir estas inspecciones.		Criterio #2: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio #2: El Syllabus del entrenamiento periódico incluye las inspecciones (Ver Apéndice N). Adicionalmente, la formación impartida por el operador deberá ser teórica y práctica quedando registrado de acuerdo al Apéndice N. (Por ejemplo: Formación basada en competencias).	
OSO #9 #15 #22 La tripulación remota está entrenada adecuadamente, incluido entrenamiento recurrente y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista de cada uno de los criterios asociados a cada OSO: Problemas técnicos, Deterioro de los sistemas Externos, errores Humanos,	Criterio#1: La formación teórica y práctica establecida por el operador (por ejemplo, basada en competencias) que se impartirá a la tripulación deberán incluir al menos los siguientes puntos: • Aplicación de procedimientos operacionales incluyendo: procedimientos normales, anormales y de emergencia, planificación de vuelos e inspecciones pre- y post-vuelo; • Comunicaciones; • Gestión de la trayectoria de vuelo; • Liderazgo, trabajo de equipo y autocontrol; • Resolución de problemas y toma de decisiones; • Consciencia situacional; • Gestión de la carga de trabajo; • Coordinaciones y transferencias a otro piloto.	Criterios #1 y #2: Justificación de la adecuación del programa de entrenamiento mediante declaración responsable.	Criterios #1 y #2: Declaración responsable de que el personal está adecuadamente formado.	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio#1: En manual de operaciones, los apartados 5 y 9 deben de estar realizados conforme a los AMCs publicados (Apéndices E y N)	Criterio #1: Manual de operaciones.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

Condiciones adversas de operación.	Criterio #2: Disponer de un programa de entrenamiento y un sistema de registro definido en el manual de operaciones para el mantenimiento de la aptitud de los pilotos, que tenga en cuenta las aeronaves y las condiciones operacionales (Apéndice N).			Criterio #2: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio#2: El operador presenta los registros del entrenamiento realizado.	Criterios#2: • Manual de operaciones • Libros de vuelo y registro de entrenamientos y operaciones.

OSO #10 #12 Recuperación segura del Sistema ante un problema técnico. El RPAS está diseñado para gestionar el deterioro de los sistemas externos que le apoyan	Criterio #1: Es razonablemente probable que no ocurra un impacto grave durante el vuelo, derivado de un fallo probable del RPAS o un sistema externo. El término "probable" debe entenderse en su interpretación cualitativa, es decir: "Se prevé que no ocurra una o más veces durante toda la vida operativa de un elemento".	Está disponible una evaluación del diseño e integración. En particular, se indican las características de diseño e instalación (independencia, separación y redundancia) que permiten cumplir los criterios de integridad baja. Se deben establecer áreas de recuperación segura en caso de fallo durante el vuelo e incluirlas en el Manual de Operaciones.	Criterio#1: Manual de operaciones. (Artículo 30 del RD y procedimientos operacionales descritos en los apartados 10 y 11 del Apéndice E)	Criterio #1: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo.	Evaluación por parte de AESA de la documentación aportada	Manual de operaciones. (Artículo 30 del RD y procedimientos operacionales descritos en los apartados 10 y 11 del Apéndice E)
	Criterio #2: No existirán fallos probables del RPAS o de los sistemas externos que permitan la operación de forma que pudiesen dirigir el RPA fuera del volumen de operación y conducir a un impacto severo.		Criterio#2: Declaración responsable por parte del operador de la evaluación de los posibles fallos y presentación de la caracterización de la aeronave en la que se incluyan dichos sistemas.	Criterios #2-#7: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo. Adicionalmente, se ha de definir una estrategia para la detección, alerta y gestión de cualquier fallo posible que permita evaluarlo.	Criterio #1: El hardware y software han sido desarrollados con respecto a estándares reconocidos (JARUS AMC RPAS 1309 Issue 2 Tabla 3)	• Caracterización o documento equivalente en el que se especifiquen requisitos suficientes de hardware y Software. • Listas de chequeo prevuelo. • Declaración de utilización de la metodología de análisis FMEA.
	Criterio#3: A continuación (siguientes criterios), se presentan ejemplos de sistemas del RPAS a evaluar: Fallos de los sistemas de terminación segura del vuelo.					
	Criterio#4: Fallos de los equipos para garantizar que la aeronave opera dentro de las limitaciones previstas, incluyendo el volumen de espacio aéreo en el que se pretende que quede confinado el vuelo.				Criterios#2 - #7: La estrategia de detección de fallos incluye listas de chequeo prevuelo	
	Criterio#5: Fallos de los medios que dispone el sistema para evaluar la posición de la aeronave.					
	Criterio#6: Fallos que pueden ocurrir con el sistema de navegación por satélite (External Systems).				Criterios#2 - #7: La identificación de errores se basa en el análisis FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).	
	Criterio#7: Fallos que puedan producirse en relación a los sistemas de suministro de energía durante la operación (Ground Support Equipment).					

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OSO #13 Los servicios externos que apoyan las operaciones del RPAS son adecuados para la operación	Criterio #1: Los roles y las responsabilidades entre el operador y los servicios externos están definidos.	Criterio #1-#2: El operador declara que cualquier servicio externo para la realización del vuelo alcanza el nivel de prestaciones y seguridad adecuado.	• Manual de operaciones (Apartado 10 Procedimientos operacionales: Coordinación con terceros.) • En su caso, documento en el que figure que se cuenta con medios para que el piloto conozca la posición de la aeronave durante el vuelo. (Por ejemplo, servicio GPS. Ver Apéndice O. Requisitos de Equipos).	Criterio #1-#2: Mismo criterio que para nivel integridad bajo.	Criterio #1: El operador presentará evidencias de que los servicios externos necesarios para la seguridad del vuelo alcanzan el nivel de prestaciones necesario durante toda la operación. Se pueden admitir documentos de coordinación oficiales, acuerdos entre en proveedor de servicios y el operador en el que se indiquen aspectos relevantes como calidad, disponibilidad y responsabilidades.	Criterio#1: • Manual de operaciones. • Documentos de coordinación oficiales, acuerdos entre en proveedor de servicios y el operador en el que se indiquen aspectos relevantes como calidad, disponibilidad y responsabilidades.
	Criterio #2: Se establecen los mecanismos para asegurar que los servicios externos están disponibles previamente al vuelo y son adecuados. Además, en cumplimiento del artículo 46 del RD 1180/2018, se puede incluir un servicio externo para que el piloto conozca la posición de la aeronave durante el vuelo. (Por ejemplo, servicio GPS. Ver Apéndice O. Requisitos de Equipos)				Criterio #2: El operador podrá llevar un seguimiento de los servicios externos proporcionados que afecten a los sistemas críticos de vuelo y establecerá procedimientos de respuesta en caso de detectar deterioro en estos servicios.	Criterio#2: • Manual de operaciones. • Descripción de los procedimientos de control operacional según se indica en el punto 9 del Apéndice E en el que se especifique el protocolo de seguimiento de la calidad de los servicios externos durante el vuelo. • En su caso, documento en el que figure que se cuenta con medios para que el piloto conozca la posición de la aeronave durante el vuelo. (Por ejemplo, servicio GPS. Ver Apéndice O. Requisitos de Equipos)
OSO #16 Coordinación de la tripulación múltiple	Criterio #1: El operador deberá disponer de una descripción de los procedimientos para asegurar una comunicación entre los miembros de la tripulación y de canales robustos y efectivos durante la operación. Además, se deberán incluir los procedimientos de comunicación paso a paso y la asignación de tareas de cada miembro de la tripulación.	Criterio #1: La adecuación de los procedimientos se justificará mediante declaración responsable.	Criterio#1: Manual de operaciones (Apartado 10).	Criterio #1: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo (Este criterio estará modulado por la Garantía)	Criterio #1: • Los procedimientos tienen que estar validados frente a estándares reconocidos. • La conveniencia de los procedimientos se deberá demostrar a través de pruebas de vuelo o simulaciones.	• Manual de operaciones. • Documentar de acuerdo al Apéndice G.
	Criterio #2: Todo piloto/observador deberá recibir formación en *multi-crew coordination*.	Criterio#2: Se declarará de manera responsable que el personal ha recibido formación en *multi-crew coordination*.	Criterio#2: Manual de operaciones (Apartado 5).	Criterio #2: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo. Adicionalmente, los pilotos y observadores reciben un curso en CRM (Crew Resource Management).	Criterio #2: • Se incluirán los syllabus del entrenamiento CRM en el manual de operaciones (Curso INICIAL, curso de CONVERSION del operador y entrenamientos RECURRENTES de CRM.) • Al menos uno de los instructores de CRM del operador habrá recibido el curso INICIAL completo de CRM de una ATO o tercera parte competente. • El operador desarrollará formación teórica y práctica (por ejemplo, basada en competencias) conforme a los requisitos del Apéndice N.	Manual de operaciones (Apartado 5).
	N/A	N/A	N/A	Criterio #3: Los dispositivos de comunicación entre la tripulación cumplen con estándares reconocidos (Eurocae WG105)	Criterio #3: Se proporcionan evidencias del cumplimiento de requisitos de los estándares de los sistemas de comunicación mediante pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc.	Pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc. AESA podrá realizar verificaciones del registro de deficiencias ocurridas durante las operaciones realizadas para comprobar el cumplimiento de los estándares

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OSO #17 La tripulación remota se encuentra en condiciones adecuadas para la operación	Criterio #1: El operador dispone de una política con las condiciones mínimas que han de reunir los miembros de la tripulación	Criterio#1: El operador declara que los procedimientos incluidos en el manual de operaciones son apropiados (el MO cumple con el RD 1036/2017)	Criterio#1: • Manual de operaciones (Apartado 6). • Certificado médico en vigor de los pilotos.	Criterio #1: Además de lo establecido para nivel de integridad bajo: • La política ha de incluir la definición de los tiempos de descanso y tiempo máximo de actividad y que éstos son adecuados para el tipo de operación. • El operador incluye un sistema de registro para los tiempos de descanso y periodos de actividad.	Criterio#1: La política y registros sobre los tiempos mínimos de descanso y máximos de actividad está documentada en el Manual de Operaciones.	Criterio#1: • Manual de Operaciones (Apartados 6,7 y 9). • Certificado médico en vigor de los pilotos.
	Criterio #2: El operador dispone de una política de cómo la tripulación remota se declara apta para el vuelo antes de llevar a cabo cualquier operación.	Criterio #2: El propio piloto declara antes de realizar las operaciones que se encuentra en condiciones para realizar la operación basada en la política definida por el operador. Nota: Se puede aceptar que exista una casilla de verificación específica en la planificación del vuelo o en el registro de las operaciones o en la aceptación de la operación que se encuentra apta para el vuelo.	Criterio#2: • Manual de operaciones, apartados 6 y 7, 9. • Formato de registro de planificación/operación/aceptación del vuelo.	Criterio#2: El mismo que para nivel de integridad bajo.	Criterio#2: El operador documenta cómo la tripulación se declara apta para realizar la operación con seguridad. Además, el operador dispone de un registro que incluye los tiempos de actividad y descanso y presenta evidencias de que la tripulación remota es apta para realizar las operaciones.	Criterio#2: • Manual de operaciones (Apartado 7 y 9). • Logbook del Piloto. • Formato de registro de planificación/operación/aceptación del vuelo
OSO#18 Protección automática de la envolvente de vuelo de errores humanos	El sistema de control de vuelo del RPAS incorpora protección automática de la envolvente de vuelo para evitar que el piloto remoto realice cualquier acción de control única en condiciones normales de funcionamiento que haría que el RPA supere su envolvente de vuelo o evite que se recupere adecuadamente	La protección automática de la envolvente de vuelo se ha desarrollado de manera interna o de fábrica (por ejemplo, utilizando elementos Commercial Off The Shelf), sin seguir estándares específicos.	• Caracterización de la aeronave	El sistema de control de vuelo del RPAS incorpora protección automática de la envolvente de vuelo para garantizar que el RPA permanezca dentro de o recupere adecuadamente la envolvente de vuelo operacional diseñada, después de error(es) de piloto remoto.	La protección automática de la envolvente de vuelo se ha desarrollado siguiendo estándares adecuados reconocidos.	• Caracterización de la aeronave. • Certificado de estándares industriales empleados.
OSO#19 Recuperación segura tras errores humanos	Criterio #1: Los procedimientos y listas de verificación mitigan el riesgo de posibles errores humanos por parte de cualquier persona involucrada en la operación. Los procedimientos ofrecen como mínimo: • una distribución y asignación clara de tareas. • una lista de verificación interna para verificar que el personal esté desempeñando adecuadamente la tarea asignada de la manera adecuada.	Criterio#1: Los procedimientos y las listas de verificación no requieren estar validados contra estándares de la industria. Se declara, de manera responsable, que los procedimientos y listas de verificación son adecuados.	Criterio#1: Declaración responsable por parte del operador.	Criterio#1: Los procedimientos y listas de verificación mitigan el riesgo de posibles errores humanos por parte de cualquier persona involucrada en la operación. Los procedimientos ofrecen como mínimo: una distribución y asignación clara de tareas, y una lista de verificación interna para verificar que el personal esté desempeñando adecuadamente la tarea asignada de la manera adecuada.	Criterio#1: Los procedimientos y las listas de verificación cumplen con los requisitos establecidos en el punto 4 de la Guía sobre el contenido del Manual de Operaciones (Apéndice E). Se prueba que los procedimientos y listas de verificación son adecuados mediante: • Vuelos de prueba dedicados y/o • Simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto con resultados positivos.	Criterio#1: • Manual de operaciones. • Resultados de los vuelos de prueba o simulaciones.
	Criterio #2: La tripulación remota está entrenada en los procedimientos y listas de verificación. Además recibe formación en CRM (Crew Resource Management)	Criterio#2: Se emplearán los mismos niveles de garantía que para los OSO #9, #15 y #22 en función del SAIL de la operación.	Criterio#2: Declaración responsable por parte del operador.	Criterio#2: La tripulación remota está entrenada en los procedimientos y listas de verificación. Además recibe formación en CRM (Crew Resource Management).	Criterio#2: Se emplearán los mismos niveles de garantía que para los OSO #9, #15 y #22 en función del SAIL de la operación	Criterio#2: Manual de Operaciones y Certificados de CRM.
	Criterio #3: Los sistemas que detectan y corrigen errores humanos están desarrollados siguiendo buenas prácticas de la industria.	Criterio#: El operador declara, de forma responsable, que se ha alcanzado el nivel de integridad requerido.	Criterio#3: Declaración responsable por parte del operador.	Criterio#3: Los sistemas que detectan y corrigen errores humanos están desarrollados conforme a estándares considerados adecuados.	Criterio#3: Justificación mediante pruebas o ensayos.	Criterio#3: Certificados de estándares empleados.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OSO #20 Se realiza una adecuada evaluación de los Factores Humanos y el Interfaz Hombre Máquina (HMI) es adecuado para la operación	La cantidad de datos de información de vuelo que se presentan en las interfaces hombre-máquina debe ser la cantidad necesaria para una operación segura, de forma que todo sea claro y sucinto y que no se produzcan fatiga o errores humanos debido al exceso o falta de información mostrada durante la operación. La información mostrada debe ayudar al piloto y nunca distraerlo de las funciones principales de la operación de vuelo.	El operador realiza una evaluación del RPAS desde el punto de vista de los factores humanos para determinar que la HMI es apropiada para la operación. La evaluación de la interfaz hombre-máquina se basa en análisis o evaluaciones con un fundamento técnico. Ver nota (2)	Manual de operaciones en el punto 11 (Aspectos relacionados con el tipo de aeronave) en el primer punto que especifica la información general de la aeronave y su estación de control. También podría incluirse dentro de otro documento.	Mismo que para nivel el nivel de integridad bajo.	El mismo criterio que para el nivel de integridad bajo. Además, la evaluación de la interfaz hombre-máquina se basa en simulaciones para las que se ha demostrado la representatividad del entorno de simulación pretendido para la operación.	Podría incluirse dentro del manual de operaciones en el punto 11 (Aspectos relacionados con el tipo de aeronave) en el primer punto que especifica la información general de la aeronave y su estación de control. Se presenta un documento/informe de la evaluación para un HMI idóneo.
OSO #23 Se definen las condiciones del entorno para operaciones seguras, de manera que sean medibles y se establecen procedimientos para gestionarlas.	Criterio #1: Las condiciones ambientales para una operación segura están definidas en el manual de operaciones, apartado 11 y en la caracterización de la aeronave.	Criterio#1: • Se recogen en el manual de operaciones los procedimientos correspondientes. • Se recogen en la caracterización de la aeronave los sistemas correspondientes.	Criterio#1: • Manual de operaciones. • Caracterización de la aeronave.	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio #1: El operador proporciona evidencias del cumplimiento de requisitos de las limitaciones del equipo frente a condiciones ambientales mediante pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc. Si el Operador es el propio fabricante ha de realizar él mismo esos análisis para determinar las limitaciones ambientales.	Criterio#1: Pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc. (También se pueden aceptar criterios de calidad de la industria para demostrar esta característica; por ejemplo protección IP)
	Criterio #2: Los procedimientos para el seguimiento de las condiciones ambientales (Evaluación de las condiciones meteorológicas METAR, TAFOR), antes y durante el vuelo vienen determinadas en el manual de operaciones	Criterio#2: Se recogen en el manual de operaciones los procedimientos correspondientes para el seguimiento de las condiciones ambientales es declarada, de manera responsable, por el operador.	Criterio#2: Manual de operaciones.	Criterio #2: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio#2.a: Los procedimientos para el seguimiento de las condiciones ambientales han sido optimizados para las diferentes operaciones que se realicen en base a la experiencia/ conocimiento adquirido y se presentan evidencias Criterio#2.b: Las fuentes de las que se extrae la información para el seguimiento de las condiciones ambientales han de estar basadas en datos oficiales	Criterio#2: • Manual de operaciones. • Pruebas, simulaciones, análisis, experiencia operacional, etc.
	Criterio #3: El entrenamiento cubre la evaluación de las condiciones meteorológicas previo y durante la operación.	Criterio#3: El operador declara, de manera responsable, que se ha realizado la formación pertinente.	Criterio#3: Declaración responsable por parte del operador.	Criterio #3: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio#3: Se dispone de un syllabus del entrenamiento. El entrenamiento teórico y práctico en materia de evaluación de las condiciones ambientales estará, preferiblemente basado en competencias, de acuerdo al Apéndice N.	Criterio#3: Manual de operaciones
OSO #24 El RPAS está diseñado para trabajar en condiciones ambientales adversas	N/A	N/A	N/A	El RPAS está diseñado para limitar el efecto de las condiciones ambientales.	Se proporcionan evidencias del cumplimiento de requisitos de diseño para limitar el efecto de las condiciones ambientales mediante pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc. Si el Operador es el propio fabricante ha de realizar el mismo esos análisis para determinar las limitaciones ambientales.	Caracterización del RPAS y declaración de conformidad suministradas por el fabricante.

Tabla 21a. Objetivos de Seguridad Operacional (OSO) para niveles de integridad y garantía bajo y medio.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OSO	Nivel Alto		
	Integridad	**Garantía**	**Documentación a aportar**
OSO #1 **Asegurar que el operador es competente y / o ha demostrado su capacidad como tal**	El mismo que para nivel medio. 1. Los operadores que realicen operaciones aéreas especializadas deberán: a) Tener una organización, técnica y operativa, y una dirección adecuadas, que se ajusten a la magnitud y el alcance de las operaciones y permitan ejercer un control operacional en todo momento para garantizar el cumplimiento y mantenimiento de los requisitos establecidos en el Real Decreto 1036/2017. b) Haber designado responsables de las operaciones que acrediten suficiente cualificación para garantizar el cumplimiento de las normas especificadas en el manual de operaciones, así como responsables de la gestión de la aeronavegabilidad continuada que dispongan de cualificación apropiada para la función a desempeñar. 2. Los operadores que realicen vuelos experimentales deberán ser, en función del tipo de vuelo experimental que se realice, una de las organizaciones descritas en el artículo 5, letra s), y además cumplir con el apartado 1.a) anterior, así como, en su caso, el resto de los requisitos establecidos en el RD 1036/2017 para la organización de que se trate. Ver nota (1)	El operador debe demostrar que posee un esquema de Operador Aéreo suficientemente robusto o tiene una organización de prueba de vuelo similar a la establecida en la Parte 21. Se deben presentar evidencias de: • Poseer aeronaves. • Haber designado cargos responsables. • Haber implementado un manual de operaciones. • Haber implantado un sistema de gestión de la seguridad. • Contar con un simulador (si fuera necesario). • Tener las autorizaciones operacionales pertinentes. • Haber implantado un sistema de mantenimiento (similar a CAMO).	• Caracterización de las aeronaves; • Caracterización de los simuladores (si procede); • Manual de operaciones; • Sistema de gestión de la seguridad; • Manual de funcionamiento, mantenimiento e inspección; • Programa de Mantenimiento; • Manual de instrucción (si procede); • Autorizaciones que posee.
OSO #2 **RPAS fabricados por una entidad competente y/o probada (ej. estándares de la industria)**	El mismo que para el nivel medio. Además, los procedimientos de fabricación abarcan, al menos: • Procesos de fabricación; • Competencia y cualificación del personal; • Control de proveedores.	El mismo que para el nivel medio. Además, se deberán evidenciar: • Los procedimientos de fabricación; • Conformidad del RPAS con su diseño y especificaciones; • La organización de fabricación se supervisa regularmente a través de auditorías por una tercera parte competente.	Misma documentación que para nivel medio. Además, se presentará evidencia de las auditorías por parte de una tercera parte competente de los procesos de fabricación y de la conformidad del RPAS con su diseño.
OSO #3 **El mantenimiento del RPAS se realiza por una entidad competente y/o probada**	Criterio #1: • Mismo criterio que para nivel de integridad medio.	Criterio #1: • Mismo criterio que para nivel de integridad medio, añadiendo que los procedimientos de mantenimiento y la periodicidad de las acciones serán validados por una tercera parte cualificada, sea esta la autoridad competente o una entidad habilitada al efecto.	Criterio #1: • Misma documentación que para nivel medio. Además, los procedimientos de mantenimiento son validados por una tercera parte competente.
	Criterio #2: • Mismo criterio que para nivel de integridad medio. Además, las herramientas y materiales utilizados en las tareas de mantenimiento están de acuerdo con los requisitos del fabricante (por ejemplo calibración y vida- límite).	Criterio #2: • El mismo que para nivel de garantía medio, añadiendo evidencias formación de mantenimiento recurrente a los responsables de realizar el mantenimiento. Esta formación deberá realizarse y justificarse como en los niveles anteriores, por parte de fabricantes u organizaciones habilitadas, y será auditada por una tercera parte competente.	Criterio #2: • Misma documentación que para el nivel medio, con el añadido de justificar documentalmente la formación recurrente de mantenimiento.
OSO #4 **El RPAS ha sido desarrollado según estándares de diseño reconocidos**	El RPAS está diseñado siguiendo estándares reconocidos, proporcionales al nivel alto de integridad.	El diseño del RPAS está validado por una tercera parte competente.	Certificado emitido por una tercera parte competente que acredite que el RPAS ha sido diseñado de acuerdo a estándares reconocidos.
OSO #8 #11 #14 #21 **Los procedimientos operacionales están definidos, validados y tienen en cuenta los siguientes factores: Problemas técnicos, deterioro de los sistemas externos, errores Humanos y condiciones adversas de operación según proceda.**	Criterio #1: Mismo criterio que para nivel de integridad bajo.	Criterio #1: Una tercera parte competente deberá validar la idoneidad de los procedimientos operacionales, las checklists, los tests de vuelo y las simulaciones. Cada vuelo de prueba realizado para validar un procedimiento operacional cubre por completo la envolvente de vuelo o es suficientemente conservativo.	Criterio #1: Certificado emitido por una tercera parte competente.
	Criterio #2. Los procedimientos operacionales son sencillos y están optimizados para cada operación.	Criterio #2: Dentro de la sección de control y supervisión de las operaciones (Apartado 10 del Apéndice E), se especifican los procedimientos operacionales sencillos y optimizados.	Criterios #2 #3.a: Manual de operaciones
	Criterio #3.a: Todo el personal incluido en la operación está dentro del proceso de control del operador, y no únicamente el personal implicado en el vuelo (Ej: Administrativos, técnicos de procesamiento, informáticos, etc.)	Criterio #3.a: Los procedimientos operacionales punto 10 Apéndice E incluyen a todo el personal implicado en la operación, y los tests realizados incluyen a todo el personal implicado en la operación.	
	Criterio #3.b: El personal implicado en la operación ha recibido un curso de CRM (Crew Resource Management) adaptado a la operación con RPAS.	Criterio #3.b: El curso es impartido por una organización de formación con garantías y experiencia en formación de CRM.	Criterio #3. b: Certificados de formación emitidos por una organización competente para ello.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

OSO#5 El RPAS está diseñado considerando la seguridad y fiabilidad del sistema	Igual que en el nivel de integridad medio. Además: • Las condiciones de “Fallo grave” no son tiene una frecuencia superior a “Remota”. • Las condiciones de “Fallo peligroso” no son más frecuentes que “Extremadamente remoto”. • Las condiciones de “Fallo catastrófico” no son más frecuentes que “Extremadamente improbables”. • Para los errores de desarrollo del SW y AEH tienen en cuenta los objetivos de DO-178 / DO-254 o estándares equivalentes.	• Análisis de seguridad basados en estándares reconocidos por las autoridades para respaldar la demostración del cumplimiento de los requisitos 1309/2510 para aeronaves tripuladas equivalentes. • Análisis de seguridad y actividades de Garantía de desarrollo verificadas por un tercero competente. (Ver JARUS AMC RPAS.1309)	Caracterización del RPAS y declaración de conformidad suministradas por el fabricante. Además, evidencia documental de los análisis de seguridad de SW/AEH realizados, así como de la verificación por una tercera parte competente.
OSO #6 El rendimiento del enlace C3 es adecuado para la operación	Criterio #1: Robustez del enlace C2. • Mismos requisitos que en el nivel de integridad medio.	Criterios de #1 hasta #7: • Se alcanza cuando ya se ha alcanzado el nivel de integridad medio, y además, una tercera parte competente o una entidad cualificada lleve a cabo prueba o pruebas que demuestren que se cumplen los requisitos o niveles de integridad descritos en el nivel alto. En principio, se aceptará que, estas entidades sean los laboratorios acreditados por ENAC.	Criterios de #1 hasta #7: Informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño, etc.
	Criterio #2: Redundancia de equipos. • Al menos redundancia del tipo “Reserva caliente” o “Hot stand-by” o redundancia superior (Ej: “Operación doble”). • Redundancia del tipo “Operación doble” o “Dual operation”. • El operador del RPAS debe realizar para cada operación o escenario operacional un estudio que determine qué tipo de redundancia y qué requisitos de redundancia son necesarios para esa operación o escenario. Estos requisitos de redundancia deben ser proporcionales al riesgo de la operación. • El piloto debe realizar un test previo antes de la operación que asegure el funcionamiento de los sistemas redundantes.		
	Criterio #3: Redundancia de bandas de frecuencias. • Mismos requisitos que para el nivel de integridad medio.		
	Criterio #4: Canalizaciones • El canal de RF de trabajo del RPA se puede seleccionar, bien de forma automática o bien de forma manual. • La transición del enlace C2 de un canal a otro para las comunicaciones con una misma estación de control se realizará de forma continua y no abrupta y no implicará riesgos para la seguridad operacional (safety).		
	Criterio #5: Estudios “in-situ” del espectro antes de realizar operaciones. • Mismos requisitos que para el nivel de integridad medio.		
	Criterio #6: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre nivel de señal recibido. • Mismos requisitos que en el nivel de integridad bajo, incluidos los enlaces C2 redundantes descritos en Criterio #3 para nivel de integridad alto.		
	Criterio #7: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre “heartbeat” o latido en los sistemas RPAS. • Mismos requisitos que en el nivel de integridad bajo, incluidos los enlaces C2 que estén activos descritos en Criterio #2 para nivel de integridad alto.		
	Criterio #8: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre tiempo máximo en que puede permanecer el RPA en un estado deteriorado antes de que el RPA lleve a cabo alguna acción predeterminada. • El tiempo máximo en un estado deteriorado lo podrá modificar el piloto remoto antes de cada operación. • El operador debe realizar un estudio previo para cada operación o escenario operacional que garantice que este parámetro es adecuado para el riesgo de la operación.	Criterios #8, #9 y #10: • Se alcanza cuando ya se ha alcanzado el nivel de integridad medio, y además, una tercera parte competente o una entidad cualificada lleve a cabo prueba o pruebas que demuestren que se cumplen los requisitos o niveles de integridad descritos en el nivel alto. En principio, se aceptará que, estas entidades sean los laboratorios acreditados por ENAC.	Criterios #8, #9 y #10: Informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño, etc.
	Criterio #9: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre tiempo máximo en que puede permanecer el RPA en un estado de pérdida del enlace de comunicación C2 antes de que el RPA lleve a cabo una acción predeterminada. • El tiempo máximo en un estado de Pérdida del enlace C2 lo podrá modificar el piloto remoto antes de cada operación. • El operador debe realizar un estudio previo para cada operación o escenario operacional que garantice que este parámetro es adecuado para el riesgo de la operación.		
	Criterio #10: Sistema “Failsafe”. Requisitos sobre acciones predeterminadas o programadas que el RPA puede llevar a cabo en caso de entrar en el estado deteriorado o en el estado de pérdida del enlace de comunicación C2. • El piloto remoto debe poder modificar antes de cada operación estas acciones predeterminadas o programadas. • El operador debe realizar un estudio previo para cada operación o escenario operacional que garantice que estas acciones son adecuadas para el riesgo de la operación.		

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	Criterio #11: Bandas de frecuencias. • Es necesario solicitar una autorización previa ante la autoridad competente (SESIAD) de al menos una banda de frecuencias para el enlace de comunicaciones C2. • Además, los enlaces C2 deben ser compatibles con el resto de equipos integrados (incluidas las cargas de pago) a bordo del RPA y de todo el sistema RPAS.	Criterio #11: • Se alcanza cuando ya se ha alcanzado el nivel de integridad medio, y además, una tercera parte competente o una entidad cualificada lleve a cabo prueba o pruebas que demuestren que se cumplen los requisitos o niveles de integridad descritos en el nivel alto. En principio, se aceptará que, estas entidades sean los laboratorios acreditados por ENAC. • En lo que respecta a autorizaciones que sean competencia de la SESIAD, evidencia de solicitud y resolución positiva de esta ante dicha autoridad.	Criterio#11: Resolución de autorización positiva emitida por la autoridad competente (SESIAD) basada en los informes elaborados a partir de ensayos realizados, análisis, simulaciones, inspecciones, revisión del diseño, etc.
OSO #7 **Inspección del RPAS (inspección del producto) para garantizar la coherencia con el ConOps (Concepto de Operación)**	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio.	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio, pero añadiendo que el procedimiento de inspección ha sido validado por una tercera parte competente en la materia.	Manual de operaciones.
	Criterio #2: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio.	Criterio#2: Una tercera parte competente en la materia: • Valida el Syllabus de entrenamiento; • Verifica las competencias de la tripulación remota.	
OSO #9 #15 #22 **La tripulación remota está entrenada adecuadamente, incluido entrenamiento recurrente y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista de cada uno de los criterios asociados a cada OSO: Problemas técnicos, Deterioro de los sistemas Externos, errores Humanos, Condiciones adversas de operación.**	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio#1: Una tercera parte competente en la materia: • Valida el syllabus de entrenamiento; • Verifica las competencias de la tripulación remota.	Evidencias de las auditorías por parte de una tercera parte competente de que se alcanza el nivel de integridad alto requerido.
	Criterio #2: Mismo criterio que para el nivel de integridad bajo.	Criterio#2: Se presentan evidencias de los registros de entrenamiento del operador.	

OSO #10 #12 Recuperación segura del Sistema ante un problema técnico. El RPAS está diseñado para gestionar el deterioro de los sistemas externos que le apoyan	• Ningún fallo probable del RPAS llevará a que la aeronave opere fuera del área planificada o aprobada al efecto. • Se puede esperar razonablemente que no se produzca un impacto severo sobre personas por un fallo probable del RPAS o de cualquier sistema externo que respalde la operación.	El mismo que para nivel de garantía medio. Adicionalmente, una tercera parte competente valida el nivel de integridad requerido.	Caracterización completa de la aeronave.
	Criterio#1: El operador identificará los sistemas cuyos fallos, considerados por separado o en relación con otros, podrían: • Dirigir el RPAS fuera del área volumen de operación, o • Conducir a un impacto severo a personas si se opera sobre éstas. Estos sistemas pueden ser desde sistemas de control de vuelo, enlace de datos, sistemas de navegación, sistemas de propulsión hasta sistemas de energía (por ejemplo, energía eléctrica, energía hidráulica...) o cualquier "sistema externo" que apoye la operación.	Una tercera parte competente revisará los estudios de seguridad y la seguridad del desarrollo software y el equipamiento electrónico.	Evidencias de un análisis de seguridad validado por una tercera parte competente.
	Criterios#2 - #7: El software y el equipamiento electrónico de los sistemas externos cuyos errores de desarrollo puedan llevar a que la aeronave opere fuera del área planificada o aprobada (volumen operacional) al efecto serán desarrollados con estándares reconocidos como adecuados. Se define una estrategia para la detección, alerta y adaptación de cualquier fallo posible		
	Criterios#2 - #7: La probabilidad de operación fuera del área planificada o aprobada al efecto es extremadamente improbable.		
	Criterios#2 - #7: El software y el equipamiento electrónico de cualquier sistema externo cuyos errores de desarrollo puedan llevar a que la aeronave opere fuera del área planificada o aprobada al efecto serán desarrollados con estándares DO-178/DO-254 o equivalentes.		
OSO #13 Los servicios externos que apoyan las operaciones del RPAS son adecuados para la operación	Criterio #1-#2: Mismo criterio que para nivel integridad bajo.	Criterio#1: El operador debe asegurar que el nivel de prestaciones de cualquier servicio externo necesario para la seguridad del vuelo sea adecuado durante la duración completa de la operación. El operador dispone de medios para monitorizar de manera externa los servicios externos prestados que afectan de manera crítica a la operación y toma las medidas adecuadas si las prestaciones en tiempo real pudiesen conllevar la pérdida de control durante la operación.	Criterio#1: •Justificación del operador del nivel de prestaciones. • Documentación de sus métodos para monitorizar servicios externos. •Documentación de las demostraciones.
		Criterio#2: Además, deberá disponer de las pruebas que se obtienen las prestaciones del servicio mediante demostraciones y una tercera parte competente valida el nivel de integridad alto.	Criterio#2: Certificado emitido por tercera parte competente de que se cumple el nivel de integridad alto.
OSO #16 Coordinación de la tripulación múltiple	Criterio#1: Mismo criterio que para nivel integridad medio.	Criterio#1: Mismo criterio que para nivel integridad medio, y además cualquier prueba de vuelo realizada para validar los procedimientos debe cubrir la envolvente de vuelo completa o se demuestre que es segura valorando la utilización del modelo TEM (Threat and Error Management) de CRM. Los procedimientos deben estar validados por una tercera parte competente.	Mismas evidencias que para el nivel medio, y además, se presentarán registros o certificados según corresponda, que verifiquen los procedimientos, pruebas de vuelo y simulaciones realizadas por un tercero con acreditación en CRM..

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

	Criterio#2: Mismo criterio que para nivel integridad medio.	Criterio#2: Una tercera parte competente: •Verifica las competencias de la tripulación remota en CRM. • Valida el programa de entrenamiento en CRM del operador.	
	Criterio #3: Los dispositivos de comunicación entre la tripulación son redundantes y cumplen con estándares reconocidos (Eurocae WG105)	Criterio3#: El nivel de seguridad asociado al criterio "dispositivos de comunicación" debe ser validados por una tercera parte competente.	
OSO #17 La tripulación remota se encuentra en condiciones adecuadas para la operación	Criterio #1: Además de lo establecido para el nivel de integridad medio, se define un sistema de gestión de riesgos asociados a la fatiga (FRMS) que puede incluirse en el Sistema de Gestión de la Seguridad el operador (SMS) o sistema equivalente.	Criterio#1: El Manual de operaciones y el Sistema de Gestión de la seguridad y/o FRMS están validados por la autoridad correspondiente.	Criterio#1: •Manual de operaciones. • Sistema de gestión de la seguridad y/o sistema de gestión de riesgos asociados a la fatiga (FRMS). • Certificado médico en vigor para toda la tripulación. • Validación de las medidas adoptadas por el operador por parte de una tercera parte competente.
	Criterio#2: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio.	Criterio#3: La supervisión relativa sobre la aptitud de la tripulación la realiza una tercera parte.	Criterio#2: • Evidencias del sistema de registro y supervisión de la actividad por parte de una tercera parte.
OSO#18 Protección automática de la envolvente de vuelo de errores humanos	El sistema de control de vuelo del RPAS incorpora protección automática de la envolvente de vuelo para garantizar que el UA permanezca dentro de o recupere adecuadamente la envolvente de vuelo operacional diseñada, después de error(es) de piloto remoto.	La protección automática de la envolvente de vuelo se ha desarrollado siguiendo estándares adecuados reconocidos y ha sido evaluada por una tercera parte competente.	•Certificado emitido por tercera parte competente.
OSO#19 Recuperación segura tras errores humanos	Criterio#1: Los procedimientos y listas de verificación mitigan el riesgo de posibles errores humanos por parte de cualquier persona involucrada en la operación. Los procedimientos ofrecen como mínimo: una distribución y asignación clara de tareas, y una lista de verificación interna para verificar que el personal esté desempeñando adecuadamente la tarea asignada de la manera adecuada.	Criterio#1: Los procedimientos y las listas de verificación cumplen con los requisitos establecidos en el punto 4 de la guía sobre el contenido del manual de operaciones (Apéndice E). Se prueba que los procedimientos y listas de verificación son adecuados mediante: • Vuelos de prueba dedicados y/o • Simulación, siempre que la representatividad de los medios de simulación esté probada para el fin previsto con resultados positivos. Además: • Cualquier prueba de vuelo realizada para validar los procedimientos y las listas de verificación que cubran la envolvente de vuelo completo o se demuestra que es conservador. • Una tercera parte competente valida los procedimientos, listas de verificación, pruebas de vuelo y simulaciones.	Criterio: •Manual de operaciones. • Resultados de los vuelos de prueba o simulaciones validadas por una tercera parte competente.
	Criterio#2: La tripulación remota está entrenada en los procedimientos y listas de verificación. Además recibe formación en CRM (Crew Resource Management).	Criterio#2: Se emplearán los mismos niveles de garantía que para los OSO #9, #15 y #22 en función del SAIL de la operación.	Criterio#2: Manual de operaciones y certificados de CRM.
	Criterio#3: Los sistemas que detectan y corrigen errores humanos están desarrollados conforme a estándares considerados adecuados.	Criterio#3: Una tercera parte competente valida que se ha alcanzado el nivel de integridad requerido.	Criterio#3: Certificados de estándares empleados.
OSO #20 Se realiza una adecuada evaluación de los Factores Humanos y el Interfaz Hombre Máquina (HMI) es adecuado para la operación	El mismo que para nivel de integridad medio.	El mismo que para nivel de integridad medio. Además, el procedimiento de la evaluación de la interfaz hombre-máquina esta validado por una tercera parte competente en la materia.	•Manual de operaciones. Podría incluirse dentro del manual de operaciones en el punto 11 (Aspectos relacionados con el tipo de aeronave) en el primer punto que especifica la información general de la aeronave y su estación de control. •Se presenta un documento/informe de la evaluación para un HMI idóneo validado por una tercera parte competente.
OSO #23 Se definen las condiciones del entorno para operaciones seguras, de manera que sean medibles y se establecen procedimientos para gestionarlas.	Criterio #1: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio.	Criterio #1: El operador proporciona evidencias del cumplimiento de requisitos de los estándares de las limitaciones del equipo frente a condiciones ambientales mediante pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc. validadas por una tercera parte competente en la materia.	Pruebas, simulaciones, análisis, inspecciones, experiencia operacional, etc. (También se pueden aceptar criterios de calidad de la industria para demostrar esta característica; por ejemplo protección IP)
	Criterio #2: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio.	Criterio#2: • Cualquier prueba de vuelo realizada para validar los procedimientos cubre la envolvente de vuelo completa o se demuestre que es conservadora. • Los procedimientos, pruebas de vuelo y simulaciones son validados por una tercera parte competente.	Criterio#2: • Manual de operaciones. • Pruebas de vuelo, ensayos, etc. • Certificados.
	Criterio #3: Mismo criterio que para el nivel de integridad medio.	Un tercero competente: • Valida el syllabus de entrenamiento. • Verifica las competencias de la tripulación remota.	Manual de operaciones.
OSO #24 El RPAS está diseñado para trabajar en condiciones ambientales adversas	El RPAS está diseñado considerando estándares adecuados para limitar los efectos ambientales.	Una tercera parte competente valida que el RPAS está diseñado para limitar el efecto de las condiciones ambientales.	Certificado emitido por una tercera parte competente que acredite que se ha alcanzado el nivel de integridad requerido.

Tabla 21b. Objetivos de Seguridad Operacional (OSO) para niveles de integridad y garantía altos.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

(1) Para el nivel Alto de integridad del OSO#01, se espera que el operador cumpla con el esquema siguiente:

GENERAL

El operador proporcionará la siguiente información a la autoridad competente:

1) el nombre oficial y el nombre comercial, la razón social y la dirección postal del solicitante;
2) una descripción de la operación de autorización propuesta, incluidos los tipos y el número de aeronaves con los que operará;
3) una descripción **del sistema de gestión**, incluida la estructura organizativa;
4) el nombre del director responsable;
5) los nombres de las personas designadas en virtud de lo requerido en la sección de **requisitos relativos al personal**, junto con sus cualificaciones y experiencia;
6) una copia del manual de operaciones.

REQUISITOS RELATIVOS AL PERSONAL

El operador designará a las personas responsables de la dirección y la supervisión de las siguientes áreas:

1) operaciones de vuelo;
2) entrenamiento de las tripulaciones;
3) operaciones de tierra;
4) mantenimiento de la aeronavegabilidad;
5) gestión de la seguridad operacional.

NOTA: Las personas pueden ser titular de más de uno de los puestos designados si dicha disposición se considera adecuada y apropiada para la magnitud y el alcance de la operación especializada solicitada.

Idoneidad y competencia del personal

El operador validará la **idoneidad y competencia del personal** y presentará a la autoridad el Currículum, Vitae (CV) de todo el personal responsable de la dirección, el cual:

I. estará adecuadamente formado,
II. habrá demostrado su capacidad para desempeñar las funciones que le hayan sido asignadas, y
III. conocerá sus responsabilidades y la relación que guardan sus obligaciones con el conjunto de la operación.

REQUISITOS RELATIVOS A LAS INSTALACIONES

El operador velará por que el espacio de trabajo disponible sea suficiente para el personal cuya actuación pueda tener una incidencia sobre la seguridad de las operaciones de vuelo; se tendrán en cuenta las necesidades del personal de tierra, el personal encargado del control operativo y del mantenimiento, y la presentación de registros esenciales, así como de la planificación de vuelos por parte de las tripulaciones.

REQUISITOS RELATIVOS A LA DOCUMENTACIÓN

a) El operador deberá encargarse de la elaboración de los manuales y de cualquier otra documentación relevante, así como de sus posibles modificaciones;
b) El operador deberá encontrarse en condiciones de distribuir sin demora las instrucciones operacionales y cualquier otro tipo de información.

REQUISITOS RELATIVOS AL SISTEMA DE GESTIÓN

El operador establecerá, aplicará y mantendrá un sistema de gestión que abarcará:

1) líneas de responsabilidad claramente definidas en toda la organización, incluida una responsabilidad de seguridad directa del director responsable;
2) una descripción de los principios y filosofías generales del operador en materia de seguridad (política de seguridad);
3) la determinación de los peligros para la seguridad aérea derivados de las actividades del operador, su evaluación y la gestión de los riesgos asociados, incluida la adopción de medidas para mitigar los riesgos y verificar su eficacia;
4) el mantenimiento de la formación y competencia del personal para el correcto desempeño de sus funciones.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000

(2) Para los niveles Bajo y Medio de integridad del OSO#20, se espera que el operador cumpla con el esquema siguiente:

Para nivel Bajo (L): declarar responsablemente que se cumple con:

- Sistemas de presentación de información:

  1. Verificar que en el checklist de prevuelo o en el manual de operaciones aparece una comprobación que la versión del SW de los dispositivos de representación de información es la contemplada en la caracterización de la aeronave.
     - Esta comprobación solo aplicará si existe un SW que gestiona el sistema de presentación de información.
  2. Verificar la correcta visibilidad de los sistemas de presentación de información en las condiciones contempladas en el manual de operaciones, prestando especial atención a la visibilidad de las pantallas en las condiciones lumínicas nominales de operación.
  3. En caso de hacer uso de sistemas no visuales de presentación de información, igualmente habrá que verificar la correcta recepción de la información por parte del piloto (por ejemplo, la correcta audibilidad por parte del piloto en caso de hacer uso de sistemas sonoros de aviso).
  4. Verificar que al menos la siguiente información es presentada al piloto:
     - Estado de las baterías (nivel de carga) o nivel de combustible cuando aplique.
     - Estado de los enlaces de comunicación (nivel de señal, aviso de pérdida de comunicaciones).
     - Modo de vuelo en la que la aeronave se encuentra en todo momento.
     - Alertas contempladas en el manual de operaciones.
     - En caso de hace uso de un sistema de terminación de vuelo, estado del mismo (por ejemplo: activado o desactivado).
     - En caso de hacer uso de navegación por satélite o GNSS durante la operación, estado de calidad (por ejemplo, número de satélites, estimación error del posicionamiento, etc.)
     - En caso de hacer uso de plan de vuelo durante la operación, tener representación gráfica del plan de vuelo.

- Mando de vuelo:

  1. Verificar que en el checklist de prevuelo está incluida la verificación de que la configuración del mando de vuelo es conocida por el piloto.

Para nivel Medio (M): se deben presentar evidencias que se cumple con:

- Sistemas de presentación de información:

  1. Verificar que en el checklist de prevuelo o en el manual de operaciones aparece una comprobación que la versión del SW de los dispositivos de representación de información es la contemplada en la caracterización de la aeronave.
     - Esta comprobación solo aplicará si existe un SW que gestiona el sistema de presentación de información.
  2. Verificar la correcta visibilidad de los sistemas de presentación de información en las condiciones contempladas en el manual de operaciones, prestando especial atención a la visibilidad de las pantallas en las condiciones lumínicas nominales de operación.
  3. En caso de hacer uso de sistemas no visuales de presentación de información, igualmente habrá que verificar la correcta recepción de la información por parte del piloto (por ejemplo, la correcta audibilidad por parte del piloto en caso de hacer uso de sistemas sonoros de aviso).
  4. Verificar que al menos la siguiente información es presentada al piloto:
     - Estado de las baterías (nivel de carga) o nivel de combustible cuando aplique.
     - Estado de los enlaces de comunicación (nivel de señal, aviso de pérdida de comunicaciones).
     - Modo de vuelo en la que la aeronave se encuentra en todo momento.
     - Alertas contempladas en el manual de operaciones.
     - En caso de hace uso de un sistema de terminación de vuelo, estado del mismo (por ejemplo: activado o desactivado).
     - En caso de hacer uso de navegación por satélite o GNSS durante la operación, estado de calidad (por ejemplo, número de satélites, estimación error del posicionamiento, etc.)
     - En caso de hacer uso de plan de vuelo durante la operación, tener representación gráfica del plan de vuelo.

- Mando de vuelo:

  1. Verificar que en el checklist de prevuelo está incluida la verificación de que la configuración del mando de vuelo es conocida por el piloto.

AV. GENERAL PERÓN, 40
28020 MADRID
TEL: 91 396 8000