



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS SISTEMAS DE PLANEAMIENTO (AMPS) DE LAS UNIDADES DE HELICÓPTEROS

C.A.C. D. Aarón Carrillo Ruiz

Director académico: Dr. D. Luis Ángel Medrano Adán

Director militar: Cap. D. Gabriel Fco. Bazaga Vela

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2025



Agradecimientos

Quisiera comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de una u otra forma, han contribuido a la realización de este Trabajo Fin de Grado.

En primer lugar, deseo agradecer al Capitán D. Gabriel Francisco Bazaga Vela, director militar de este trabajo, su dedicación, cercanía y constante disposición para orientar y mejorar cada parte del proyecto. Su implicación ha sido clave para alcanzar el nivel de profundidad y rigor que este estudio requería.

Asimismo, quiero reconocer la labor del Doctor D. Héctor Rojo Domingo, quien acompañó las primeras fases del trabajo y aportó la dirección inicial sobre la que posteriormente se ha sustentado el desarrollo final. Del mismo modo, expreso mi agradecimiento al Doctor D. Luis Ángel Medrano Adán, director académico actual, por su exigencia y profesionalidad, que han sido determinantes para alcanzar un resultado del que sentirse verdaderamente orgulloso.

También deseo hacer extensivo mi agradecimiento a todo el personal de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET), que de una manera u otra han aportado su granito de arena a este trabajo, mostrando siempre una gran disposición y colaboración durante la obtención de información, y compartiendo su experiencia y conocimiento técnico, fundamentales para el análisis desarrollado.

A nivel personal, quiero expresar mi más profunda gratitud a mi familia, por su apoyo incondicional a lo largo de estos cinco años de formación. Todo el esfuerzo, sacrificio y constancia que hay detrás de este camino no siempre se ve, pero este trabajo es, en cierta forma, el reflejo visible de todo ello. Gracias por acompañarme, creer en mí y hacer posible que hoy culmine esta etapa. A mi pareja, por su constante ánimo, por estar presente en cada paso y recordarme siempre la importancia de disfrutar también del camino.

Finalmente, agradezco a todos mis compañeros, profesores y mandos de la Academia General Militar y del Centro Universitario de la Defensa, que con su ejemplo, compañerismo y exigencia diaria han contribuido a forjar los valores y la preparación necesarios para culminar esta etapa.



RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad analizar cómo la inteligencia artificial (IA) puede potenciar la eficacia de los sistemas de planeamiento en las unidades de helicópteros, evaluando su potencial aplicación, los retos de su implementación y los beneficios operativos que podría aportar en el contexto de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET). A partir de una revisión técnica y doctrinal, se aborda el funcionamiento actual del *Aviation Mission Planning System* (AMPS), sus limitaciones y las oportunidades que ofrece la inteligencia artificial para mejorar la seguridad, la eficiencia y la interoperabilidad en las misiones aéreas.

En la situación actual, el AMPS se utiliza principalmente como una herramienta de visualización y soporte documental, sin funciones de planeamiento automatizado ni asistencia inteligente al piloto. Este hecho incrementa la carga cognitiva de las tripulaciones y reduce la agilidad del proceso de planificación, especialmente en escenarios operativos donde los márgenes de tiempo son reducidos. Ante esta realidad, el estudio plantea la necesidad de evolucionar hacia un sistema capaz de integrar fuentes meteorológicas, cartográficas y tácticas en tiempo real, y de generar rutas optimizadas en función de parámetros de seguridad y eficiencia.

La metodología combina un enfoque teórico y empírico. En primer lugar, se realiza un análisis cualitativo de documentación técnica, normativa OTAN (STANAG 4554) y literatura científica sobre la aplicación de IA en el ámbito militar. Posteriormente, se incluyen entrevistas a pilotos, instructores y operadores AMPS, junto con una encuesta a personal vinculado al planeamiento de misiones, para identificar percepciones, necesidades y limitaciones del sistema actual. Finalmente, se aplica el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para establecer comparaciones jerárquicas entre alternativas y criterios de mejora, priorizando la seguridad, la eficiencia operativa y la interoperabilidad como factores determinantes.

Los resultados obtenidos evidencian que la integración de IA en el planeamiento de misión sería técnica y operativamente viable. Entre las principales aportaciones destacan la automatización en el tratamiento de datos meteorológicos y cartográficos, la reducción significativa del tiempo de preparación, la generación de rutas seguras y la disminución de la carga cognitiva del piloto. Además, el análisis AHP confirma que la alternativa con IA resulta la más ventajosa frente a modelos tradicionales, al ofrecer una mejora global del proceso sin comprometer la supervisión humana.

En conclusión, este trabajo demuestra que la incorporación de inteligencia artificial al AMPS supondría un avance esencial en la digitalización y modernización de las FAMET. Su desarrollo permitiría alcanzar un planeamiento más rápido, preciso y seguro, alineado con los objetivos del Ejército de Tierra en el marco del programa "Ejército 2035" y con la tendencia internacional hacia sistemas de apoyo a la decisión más autónomos, interoperables y orientados al aumento de la eficacia operativa.

PALABRAS CLAVE

Palabras clave: inteligencia artificial, AMPS, planeamiento de misión, FAMET, digitalización militar.



ABSTRACT

This Final Degree Project aims to analyze how Artificial Intelligence (AI) can enhance the effectiveness of Mission Planning Systems (AMPS) in helicopter units, evaluating its potential application, the challenges of its implementation, and the operational benefits it could provide within the context of the Spanish Army Aviation Forces (FAMET). Based on a technical and doctrinal review, the study addresses the current functioning of the Aviation Mission Planning System (AMPS), its limitations, and the opportunities that Artificial Intelligence offers to improve safety, efficiency, and interoperability in aerial missions.

At present, AMPS is used as a visualization and documentation support tool, without automated planning functions or intelligent assistance to the pilot. This increases the cognitive workload of aircrew and reduces the agility of the planning process, especially in operational scenarios where time margins are limited. In view of this reality, the study proposes the need to evolve towards a system capable of integrating meteorological, cartographic, and tactical data in real time, and of generating optimized routes according to safety and efficiency parameters.

The methodology combines a theoretical and empirical approach. First, a qualitative analysis of technical documentation, NATO standards (STANAG 4554), and scientific literature on the application of AI in the military field is conducted. Then, interviews with pilots, instructors, and AMPS operators, as well as a survey among personnel involved in mission planning, are included to identify perceptions, needs, and limitations of the current system. Finally, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method is applied to establish hierarchical comparisons between alternatives and improvement criteria, prioritizing safety, operational efficiency, and interoperability as determining factors.

The results show that integrating AI into mission planning is both technically and operationally feasible. The main contributions include the automation of meteorological and cartographic data processing, a significant reduction in preparation time, the generation of safer routes, and the decrease of the pilot's cognitive workload. Furthermore, the AHP analysis confirms that the AI-assisted alternative is the most advantageous compared to traditional models, as it improves the overall process without compromising human supervision.

In conclusion, this study demonstrates that the incorporation of Artificial Intelligence into AMPS would represent a key advancement in the digitalization and modernization of FAMET. Its development would enable faster, more accurate, and safer mission planning, aligned with the objectives of the Spanish Army under the “*Ejército 2035*” framework and with the international trend towards more autonomous, interoperable, and decision-support-oriented systems that enhance operational effectiveness.

KEYWORDS

Keywords: artificial intelligence, AMPS, mission planning, FAMET, military digitalization.



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
INDICE DE CONTENIDO	IV
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
INDICE DE TABLAS	VII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	VIII
DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contexto y planteamiento del problema	1
1.2. Justificación y relevancia del tema	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	3
2.1. Objetivos y alcance.....	3
2.2. Metodología	4
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Origen y evolución de los sistemas AMPS	4
3.2. Limitaciones del planeamiento actual.....	7
3.3. Fundamentos y aplicaciones de la inteligencia artificial en el entorno militar	10
3.4. Estado actual del AMPS: capacidades reales y brechas por plataforma	14
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	15
4.1. El planeamiento y la inteligencia artificial	15
4.2. Propuesta teórica de integración de IA en el planeamiento de misión	18
4.3. Resultado de las entrevistas personales	18
4.4. Resultado de la encuesta	22
5. ANÁLISIS DE MEDIDAS MEDIANTE METODOLOGÍA AHP	28
5.1. Descripción del método AHP	28
5.2. Aplicación del método AHP	30
5.3. Resultados de la aplicación del método AHP	35
6. ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN	38
6.1. Metodología comparativa y desarrollo del experimento	38
6.2. Valoración y conclusiones del experimento.....	38
7. CONCLUSIONES	39



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS	44
Anexo I: Entrevista	44
Anexo II: Aplicación del método AHP	45
Anexo III: Encuesta utilizada para la recogida de datos	48
Anexo IV: Respuestas a la encuesta	51
Anexo V: Contrastes estadísticos del cuestionario	58
Anexo VI: Organigrama FAMET	64
Anexo VII: Fases análisis propuesta	65
Anexo VIII: Preguntas	66
Anexo IX: Respuestas y análisis	68



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Pilotos realizando pruebas con el sistema AMPS en entorno de entrenamiento. Fuente: U.S. Army, 2018.	2
Ilustración 2. AN/TYQ-77. Fuente: Federation of American Scientist.	5
Ilustración 3. Software designed to reduce pilot workload, improve situational awareness and sensor-to-shooter timelines, and reduce fratricide. Fuente: General Dynamics.	8
Ilustración 4. Interacción colaborativa entre el operador humano y la inteligencia artificial en procesos de toma de decisiones militares (Human–AI Teaming). Fuente: Frontiers in Artificial Intelligence.	11
Ilustración 5. AMPS de INDRA usado en ciertos batallones FAMET. Fuente: Elaboración propia.	13
Ilustración 6. AMPS actual utilizado en BHELTRA V. Fuente: Elaboración propia.	15
Ilustración 7. Pilotos revisando cartas aeronáuticas y datos previos al vuelo durante el planeamiento de misión. Fuente: Bundeswehr/Jane Schmidt, Fighter Ops, junio 2023.	17
Ilustración 8. Valoración comparativa de los entrevistados sobre el sistema AMPS y la integración de la inteligencia artificial en el planeamiento de misión. Fuente: Elaboración propia.	21
Ilustración 9. Pregunta 5 encuesta. Fuente: Elaboración propia.	23
Ilustración 10. Pregunta 6 encuesta. Fuente: Elaboración propia.	24
Ilustración 11. Pregunta 9 encuesta. Fuente: Elaboración propia.	25
Ilustración 12. Pregunta 10 encuesta. Fuente: Elaboración propia.	26
Ilustración 13. Pregunta 11 encuesta. Fuente: Elaboración propia.	27
Ilustración 14. Pregunta 12 encuesta. Fuente: Elaboración propia.	28
Ilustración 15. Diagrama conceptual del método AHP. Fuente: Elaboración propia.	29
Ilustración 16. Menú principal ATAK. Fuente: Google Play Store.	32
Ilustración 17. Navigating with SkyDemon. Fuente: Página oficial SkyDemon.	32
Ilustración 18. Árbol jerárquico del método AHP. Fuente: Elaboración propia.	35
Ilustración 19. Gráfico comparativo visual de alternativas por criterios del AHP. Fuente: Elaboración propia.	37



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de los principales sistemas de planeamiento de misión. Fuente: Elaboración propia a partir de documentación de Leonardo Electronics (2022), INDRA (2023) y U.S. Air Force (2021).	10
Tabla 2. Aplicaciones potenciales de los distintos tipos de inteligencia artificial en el planeamiento de misión. Fuente: Elaboración propia a partir de Haenlein y Kaplan (2019), "A Brief History of Artificial Intelligence", California Management Review.	13
Tabla 3. Escala fundamental de Saaty. Fuente: Traducida de Saaty (1987), p. 163.	30
Tabla 4. Resultados método AHP. Fuente: Elaboración propia.	35
Tabla 5. Distribución cruzada entre el ámbito profesional y el uso de sistemas de planeamiento digital. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 6. Prueba de independencia chi-cuadrado para las variables "Ámbito" y "Planificación de misiones". Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 7. Distribución cruzada entre el ámbito profesional y la percepción de mejora del planeamiento mediante IA. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 8. Prueba de independencia chi-cuadrado para las variables "Ámbito" e "Influencia de la IA". Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 9. Estadísticos descriptivos de grupo para las variables P6 y P11. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 10. Prueba t de Student para la igualdad de medias (P6 y P11). Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 11. Contraste chi-cuadrado por factores que afectan a la calidad del planeamiento (P9). Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 12. Contraste chi-cuadrado por aportaciones potenciales de la inteligencia artificial (P12). Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 13. Fases del experimento comparativo de evaluación de inteligencias artificiales. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 14. Medias de calificación por fase y modelo de inteligencia artificial. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 15. Tiempo medio de respuesta (en segundos) por fase y modelo de IA. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 16. Índice de consistencia táctica (escala 0–10). Fuente: Elaboración propia.	69



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AFMSS	–	<i>Air Force Mission Support System</i>
AGM	–	Academia General Militar
AI	–	<i>Artificial Intelligence</i> (Inteligencia Artificial)
AMPS	–	<i>Aviation Mission Planning System</i>
AHP	–	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ACAVIET	–	Academia de Aviación del Ejército de Tierra
AVIET	–	Aviación del Ejército de Tierra
BHELMA	–	Batallón de Helicópteros de Maniobra
BHELA	–	Batallón de Helicópteros de Ataque
BHELTRA	–	Batallón Helicópteros de Transporte
CAC	–	Caballero Alférez Cadete
CISPOC	–	Centro de Integración, Soporte y Procesamiento de Operaciones de Combate
CRM	–	<i>Crew Resource Management</i> (Gestión de Recursos en Cabina)
CUD	–	Centro Universitario de la Defensa
DIRACA	–	Director Académico
DIRMIL	–	Director Militar
EA	–	Ejército del Aire y del Espacio
ET	–	Ejército de Tierra
FAMET	–	Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra
FAS	–	Fuerzas Armadas
GPS	–	<i>Global Positioning System</i>
IA	–	Inteligencia Artificial
JMPS	–	<i>Joint Mission Planning System</i>
MPS	–	<i>Mission Planning System</i>
NH90	–	Helicóptero <i>NHI</i> Industries NH90
NOTAM	–	<i>Notice to Airmen</i> (Aviso a Navegantes)
ORM	–	<i>Operational Risk Management</i> (Gestión de Riesgos Operativos)
OTAN	–	Organización del Tratado del Atlántico Norte
STANAG	–	<i>Standardization Agreement</i> (Acuerdo de Normalización OTAN)
TeMPO	–	<i>Technology for Mission Planning Operations</i>
TFG	–	Trabajo Fin de Grado
UE	–	Unión Europea
USA	–	<i>United States of America</i> (Estados Unidos)
USAACE	–	<i>United States Army Aviation Center of Excellence</i>
VFR/IFR	–	<i>Visual / Instrument Flight Rules</i> (Reglas de Vuelo Visual / Instrumental)



DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la elaboración del presente Trabajo Fin de Grado se han empleado diversas herramientas de inteligencia artificial con fines académicos, técnicos y de apoyo a la redacción.

Se usó como búsqueda y análisis de información en el que se utilizaron modelos de IA (principalmente ChatGPT-5 de OpenAI, Google Gemini Pro, y Microsoft Copilot) para realizar búsquedas preliminares de información en fuentes abiertas, localizar artículos académicos, informes técnicos, documentación de defensa, vídeos divulgativos y material de referencia relacionado con los sistemas de planeamiento de misión y la inteligencia artificial aplicada al ámbito militar. En el apoyo de redacción y revisión lingüística se emplearon herramientas para corrección ortográfica, gramatical y de estilo, así como para mejorar la claridad y coherencia del lenguaje técnico.

En la asistencia en la estructuración y síntesis de contenidos las IAs se utilizaron como soporte metodológico para estructurar capítulos, resumir documentación extensa (como manuales, STANAG o artículos técnicos) y proponer esquemas de análisis comparativo o de resultados. También como apoyo gráfico y conceptual ya que algunas herramientas de IA se utilizaron para generar ideas de figuras y diagramas que facilitasen la comprensión visual de los conceptos técnicos.

Para finalizar, se usó también análisis semántico y revisión final del texto, debido a que se emplearon funciones de IA para detectar redundancias, mejorar la fluidez de lo escrito y asegurar la uniformidad terminológica del trabajo.



1. INTRODUCCIÓN

“Los planes son inútiles, pero la planificación es indispensable.”
(Eisenhower, 1957).

1.1. Contexto y planteamiento del problema

El presente trabajo trata sobre la implementación de la inteligencia artificial en los AMPS (*Aviation Mission Planning System*) de las unidades de helicópteros.

En las operaciones modernas, el planeamiento de misión para unidades de helicópteros exige integrar de forma ágil información geoespacial, meteorológica, inteligencia y capacidades de plataforma, bajo fuertes restricciones de tiempo y con alta variabilidad del entorno. Aunque existen sistemas específicos de apoyo, en la mayoría de las unidades aún persisten procedimientos manuales (cartas, cálculos y coordinación verbal) que incrementan la carga cognitiva y el riesgo de errores en contextos dinámicos. Esta situación refleja, como más adelante veremos, un posible aumento de los errores en el planeamiento de la misión, además de la dificultad de fusionar y priorizar información relevante cuando los plazos son reducidos o cambian súbitamente las condiciones de la misión.

De forma sintética, los AMPS han evolucionado hacia plataformas, capaces de automatizar la planificación de misión, el ensayo previo, la integración de datos geoespaciales, meteorológicos, de amenazas y prestaciones aéreas, e incluso ofrecer interoperabilidad avanzada. No obstante, estas capacidades solo son viables gracias a las mejoras tecnológicas en las versiones más avanzadas ya que las más modestas no pueden automatizar tareas complejas ni adaptarse en tiempo real (Camacho, 2024). Pese a estos avances, la capacidad real de interpretación y jerarquización de información recae en casi al completo en el operador humano, ralentizado en gran medida el ciclo de planeamiento y eleva el esfuerzo mental, especialmente en fases con ventanas temporales estrechas. (Atyabi, 2020)

En consecuencia, se plantea la necesidad de estudiar cómo la inteligencia artificial (IA) puede potenciar los AMPS para, entre otros, reducir tiempos de preparación mediante automatización de cálculos y propuestas de rutas/cursos de acción, disminuir la carga cognitiva con filtros inteligentes, fusión de fuentes y priorización de riesgos, mejorar la seguridad operativa al apoyar la detección temprana de amenazas y la replanificación ante cambios. (Horowitz, 2018)

Podríamos decir que los AMPS constituyen un sistema integrado que nos permite contener una gran cantidad de información la cual nos es de gran utilidad. Su desarrollo e implementación responden a la necesidad de reducir el tiempo de respuesta ante cambios en el entorno operativo y de minimizar el impacto del error humano en la fase previa a la ejecución de las misiones.

Con la aparición de la inteligencia artificial (IA), estos sistemas comienzan a incorporar (o al menos a intentarlo) capacidades que hasta hace poco eran impensables: algoritmos capaces de predecir comportamientos enemigos, optimizar trayectorias de vuelo ante situaciones cambiantes, gestionar grandes volúmenes de datos tácticos en tiempo real o incluso recomendar automáticamente las mejores alternativas para el cumplimiento de la misión.

1.2. Justificación y relevancia del tema

El planeamiento de misiones aéreas constituye una fase crítica en el éxito de las operaciones, especialmente en las unidades de helicópteros, cuya flexibilidad y capacidad de maniobra las convierten en un recurso esencial tanto en operaciones nacionales como internacionales. Los actuales Sistema Aéreo de Planeamiento de Misión (AMPS) han supuesto un gran avance al integrar datos de navegación, meteorología, inteligencia y prestaciones de la aeronave en un único entorno. Para ilustrar la transformación tecnológica en la planificación de helicópteros, se muestra en la ilustración 1 a pilotos del Ejército de EE. UU. ejerciendo con estaciones de trabajo AMPS, automatizando tareas que antes se realizaban manualmente. Sin

embargo, todavía persisten limitaciones que obligan a los planificadores y tripulaciones a asumir una alta carga de trabajo en plazos muy reducidos, con el consiguiente riesgo de error (U.S. Army (Maj. Olin L. Walters, Test Officer), 2018).



Ilustración 1. Pilotos realizando pruebas con el sistema AMPS en entorno de entrenamiento. Fuente: U.S. Army, 2018.

La inteligencia artificial (IA) se presenta como un recurso de enorme potencial en este contexto, ya que permite procesar grandes volúmenes de información, detectar patrones y generar alternativas en tiempo real. Su aplicación en los sistemas de planeamiento no solo supondría una reducción de la carga cognitiva de las tripulaciones, sino también una mejora en la seguridad, eficacia e interoperabilidad en escenarios conjuntos y multinacionales, donde la coordinación entre fuerzas es un factor decisivo. (European Defence Agency (EDA), 2021)

La relevancia de este trabajo radica en que el Ejército de Tierra, y en particular las Fuerzas Aeromóviles (FAMET), pero aplicable a cualquier unidad de las Fuerzas Armadas (FAS), deben afrontar el reto de adaptar sus sistemas de planeamiento a un entorno cada vez más digitalizado y exigente. Analizar la integración de la IA en los AMPS no solo contribuye al progreso tecnológico de la institución, sino que también responde a la necesidad de mantener la operatividad en un marco aliado y de garantizar que las capacidades aéreas continúen siendo una herramienta efectiva al servicio de la defensa.

El ámbito de aplicación del presente trabajo se circunscribe al Ejército de Tierra español, y en particular a las FAMET, responsables del empleo de helicópteros en operaciones nacionales e internacionales. El estudio se centra en los procesos de planeamiento de misión que se realizan en dichas unidades, en un entorno donde influyen factores como la meteorología, el terreno, las amenazas y la interoperabilidad con otros sistemas de mando y control. La investigación aborda la posible incorporación de la inteligencia artificial en los AMPS para optimizar estas tareas, con especial atención a la adaptación del sistema a operaciones conjuntas y multinacionales, en coherencia con los estándares establecidos por la OTAN y con la doctrina nacional de empleo de las FAMET.

La estructura del trabajo se organiza en siete capítulos principales. En el capítulo 1 se presenta la introducción, el contexto del problema, la justificación y relevancia del tema. El capítulo 2 recoge los objetivos y la metodología empleada. El capítulo 3 desarrolla los antecedentes y el marco teórico, incluyendo la evolución de los AMPS, el estado actual de la inteligencia artificial y su aplicación en el ámbito militar. El capítulo 4 constituye el núcleo del estudio, donde se analizan los resultados de entrevistas, encuestas y documentación especializada. En el capítulo 5 se hace un estudio de la metodología AHP, técnica de decisión multicriterio. En el capítulo 6 se plantea un análisis de implementación personal práctica de la IA



en los AMPS del Ejército de Tierra. Finalmente, el capítulo 7 expone las conclusiones.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

“Cuando el objetivo te parezca difícil, no cambies de objetivo busca un nuevo camino para llegar a él.”

(Confucio, 552 a.C.-479 a.C.)

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas en la introducción, el presente trabajo persigue los siguientes objetivos:

2.1. Objetivos y alcance

El objetivo general de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es analizar la implementación de la inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento de las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra, evaluando su potencial para optimizar los procesos de planificación, mejorar la seguridad operativa, aumentar la eficiencia en la toma de decisiones y reforzar la interoperabilidad con otros sistemas y unidades.

Los objetivos específicos que guían este trabajo son los siguientes:

1. Conocer el funcionamiento actual del sistema AMPS, su evolución doctrinal y tecnológica, y su papel en el planeamiento de operaciones aéreas.
2. Analizar las capacidades que la inteligencia artificial puede aportar a los sistemas de planeamiento, especialmente en términos de automatización de procesos y reducción de la carga de trabajo del piloto.
3. Comparar el AMPS con otros sistemas internacionales de planeamiento (como JMPS o TeMPO¹) en lo relativo a integración tecnológica, interoperabilidad y grado de automatización.
4. Identificar los posibles usos de la inteligencia artificial en la fase inicial del planeamiento de misión.
5. Evaluar el impacto que tendría la incorporación de la inteligencia artificial en aspectos clave como la seguridad de vuelo y la eficacia del planeamiento.

En cuanto a su alcance, este trabajo se centra en el análisis conceptual y doctrinal del planeamiento de misión en las unidades de helicópteros, tomando como referencia el sistema AMPS y comparándolo con soluciones internacionales de referencia. Se incluyen como hitos principales la revisión de documentación doctrinal y técnica, el análisis de sistemas de planeamiento, la realización de encuestas y entrevistas a personal de las FAMET, y la propuesta de un modelo teórico de integración de IA en el planeamiento.

Quedan expresamente excluidos del alcance el desarrollo técnico de algoritmos de inteligencia artificial, la validación operativa en escenarios reales de combate y el acceso a documentación clasificada, limitándose el trabajo a fuentes abiertas y testimonios de personal con experiencia. Como hipótesis de partida se asume que la inteligencia artificial puede integrarse en sistemas de planeamiento existentes a través del uso de datos meteorológicos,

¹ TeMPO es una arquitectura tecnológica modular desarrollada por la empresa Leonardo S.p.A., utilizada como base para los sistemas de planeamiento y análisis de misiones aéreas (Mission Planning System, MPS), permitiendo la integración de datos cartográficos, meteorológicos y operativos, así como la preparación y simulación de vuelos



cartográficos y aeronáuticos de carácter público, y como restricción principal se reconoce la limitación de recursos técnicos y de tiempo propios de un TFG.

2.2. Metodología

La metodología empleada en este trabajo se estructura en un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de garantizar una visión integral y contrastada de la problemática estudiada. Desde el ámbito cualitativo, se ha llevado a cabo una revisión documental de normativa doctrinal (STANAG 4554²), manuales técnicos de sistemas de planeamiento (AMPS, JMPS, TeMPO) y publicaciones académicas sobre inteligencia artificial aplicada al ámbito militar. Esta revisión se ha complementado con entrevistas semiestructuradas a personal experto y a tripulaciones de helicópteros, que han permitido contextualizar los retos y necesidades del planeamiento en la práctica operativa.

En el plano cuantitativo, se ha diseñado y distribuido una encuesta estructurada dirigida a personal de las FAMET, cuyos resultados serán tratados mediante procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales para identificar patrones y tendencias relevantes. Asimismo, se contempla la aplicación del método Analytic Hierarchy Process³ (AHP), que permitirá establecer criterios comparativos y priorizar posibles líneas de integración de inteligencia artificial en el planeamiento, aportando una base sólida para la toma de decisiones.

La integración de ambos enfoques responde a un criterio de triangulación metodológica⁴, mediante el cual se cruzan los datos obtenidos de fuentes documentales, entrevistas y encuestas para reforzar la validez y fiabilidad de los resultados. De este modo, la metodología adoptada asegura el cumplimiento de los objetivos propuestos y ofrece un marco de análisis sólido para valorar la viabilidad de incorporar inteligencia artificial a los sistemas de planeamiento de misión en las unidades de helicópteros.

3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

“Los ejércitos tienden a prepararse para la última guerra, no para la próxima.”
(Hart, 1944)

Este capítulo recoge las ideas clave sobre cómo se planifican actualmente las misiones en las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra, centrándose en el sistema AMPS y su funcionamiento real. También se incluye una primera aproximación a cómo la inteligencia artificial podría mejorar este sistema, así como una reflexión crítica sobre por qué cuesta tanto integrar nuevas tecnologías en el ámbito militar. Aunque no hay muchos estudios previos que traten exactamente esta cuestión, eso mismo refuerza la necesidad de este trabajo.

3.1. Origen y evolución de los sistemas AMPS

² El STANAG 4554 es el acuerdo de estandarización de la OTAN que regula el intercambio de datos de planeamiento de misión aérea. Los sistemas como AMPS, JMPS o TeMPO lo emplean para asegurar la interoperabilidad entre plataformas de distintas naciones.

³ El *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desarrollado por Saaty en los años 80, es un método multicriterio que permite comparar alternativas según varios factores y jerarquizarlas de forma sistemática. Ha sido aplicado en múltiples estudios militares para priorizar cursos de acción.

⁴ La triangulación metodológica es la estrategia de combinar distintos métodos y fuentes de información para contrastar resultados y aumentar su fiabilidad, especialmente útil en investigaciones aplicadas al ámbito militar.



Desde los inicios de la aviación, la preparación previa a las misiones ha sido uno de los aspectos más determinantes para el éxito o fracaso de las operaciones. Durante décadas, los ejércitos planificaban sus misiones aéreas mediante procedimientos manuales, largos y complejos, que dependían de mapas en papel, comunicaciones verbales y cálculos realizados a mano. Estas limitaciones, que podían ser asumibles en conflictos de baja intensidad, demostraron ser un grave problema cuando los escenarios operativos comenzaron a volverse más dinámicos y complejos, especialmente a finales del siglo XX.

Fue durante la Guerra del Golfo (1990-1991) cuando por primera vez quedó plenamente evidenciada la necesidad de contar con sistemas automatizados que aglutinaran en una misma plataforma toda la información relevante para una misión aérea. La gran cantidad de helicópteros desplegados por las fuerzas estadounidenses, británicas y aliadas, junto con las múltiples amenazas tierra-aire dispersas por el desierto, provocaron situaciones de enorme dificultad para los planificadores, que no siempre lograban coordinar eficazmente las rutas de vuelo, los repostajes, las zonas de inserción y extracción, y los apoyos mutuos entre aeronaves y tropas terrestres. (Caruso, 2013)

Tras esta experiencia, el Ejército de los Estados Unidos desarrolló el primer prototipo de *Aviation Mission Planning System* (AMPS), denominado AN/TYQ-77, visible en la ilustración 2, que fue introducido a mediados de los años 90 como una solución portátil que facilitaba la creación, validación y distribución digital de los planes de misión para helicópteros. A diferencia de los métodos tradicionales, este sistema integraba de forma automática los datos meteorológicos, la orografía del terreno, las amenazas conocidas y las características de cada aeronave, permitiendo crear rutas optimizadas de forma mucho más rápida y precisa (Scientists, 2005).



Ilustración 2. AN/TYQ-77. Fuente: Federation of American Scientist.

La evolución de estos sistemas no se detuvo ahí. Las operaciones militares en Irak y Afganistán durante las décadas siguientes pusieron de nuevo a prueba la capacidad de planificación aérea, con escenarios mucho más cambiantes, donde las amenazas asimétricas y los entornos urbanos requerían de una planificación flexible y continua. Así, el AMPS evolucionó incorporando funciones de ensayo previo a la misión, simulación en 3D del terreno, y conexiones en tiempo real con otros sistemas de mando y control (Baylie, 2018).

La historia de los conflictos armados ha demostrado que la superioridad tecnológica por sí sola no garantiza el éxito, pero sí que nos puede ser útil. En el contexto actual, donde la información fluye a mucha velocidad y los escenarios operativos son cada vez más complejos, la planificación requiere de precisión y flexibilidad, así como de adaptación. Se convierte en un factor determinante para el éxito de las operaciones militares. La aviación del Ejército Español desempeña un papel clave en este entorno, donde el planeamiento eficiente permite aprovechar al máximo las capacidades de maniobra, apoyo y respuesta rápida que caracterizan a estas aeronaves. En esta línea, algunos estudios han subrayado que la planificación debe incluir también factores ambientales y de impacto operacional; por ejemplo, en 2015 se desarrolló un modelo de ruido de helicópteros que demuestra cómo elementos aparentemente secundarios,



como el nivel acústico, pueden condicionar la eficacia y la discreción de una misión (Greenwood, 2015).

En este contexto, según el departamento de defensa de EE. UU. (FAS – *Federation of American Scientists*)⁵ el Sistema Aéreo de Planeamiento de Misión (AMPS) constituye el conjunto de herramientas, procesos y tecnologías destinados a facilitar la planificación operativa y táctica de las misiones aéreas. Estos sistemas permiten a las tripulaciones y a los centros de mando generar, analizar y adaptar planes de vuelo complejos, considerando factores como la geografía, las condiciones meteorológicas, las capacidades de las aeronaves y, cada vez más, la presencia de amenazas dinámicas en el área de operaciones. Esto demuestra que, a pesar de denominarse sistema de planeamiento, su contribución real al diseño de la misión es mínima ya que una planificación eficaz de misión debe considerar no solo la ruta y los objetivos, sino también el impacto operativo de cada decisión, especialmente en entornos de alta movilidad y riesgo. (Byrne, 2001)

La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), a través de la Agencia de Normalización (NSO)⁶, define el AMPS como un conjunto de estándares y procedimientos que garanticen la interoperabilidad en el planeamiento automatizado de misiones aéreas, especialmente en entornos operativos multinacionales. El propósito del AMPS, según la OTAN, es estandarizar el intercambio digital de datos de misión entre aeronaves, unidades terrestres y centros de mando, permitiendo una preparación y ejecución eficiente y coordinada de operaciones aéreas aliadas (OTAN, 2011).

Por su parte el Centro de Excelencia de Aviación del Ejército de EE. UU.⁷ (USAACE), el AMPS es una herramienta esencial para las operaciones aéreas modernas, que proporciona a las tripulaciones y planificadores la capacidad de crear, revisar y modificar planes de misión de forma rápida y precisa, reduciendo la carga de trabajo manual y minimizando los errores operativos. Además, el USAACE destaca que el AMPS integra datos meteorológicos, amenazas y parámetros tácticos de las aeronaves, permitiendo a las unidades de helicópteros adaptar sus planes en tiempo real durante las operaciones (Baylie, 2018).

Buscando una definición más reciente, la empresa tecnológica italiana FlySight⁸, especializada en sistemas avanzados de planificación y simulación aérea, describe el AMPS como una solución modular que permite a las fuerzas aéreas optimizar el planeamiento de rutas, integrando análisis de amenazas, condiciones del terreno y factores meteorológicos en tiempo real. Según FlySight, el AMPS mejora la eficiencia operativa y la seguridad de la misión al automatizar tareas clave de preparación de vuelo y facilitar la actualización de planes en escenarios dinámicos (FLYSIGHT, 2024).

⁵ La *Federation of American Scientists* (FAS) es una organización independiente fundada en 1945 en Estados Unidos por científicos que participaron en el Proyecto Manhattan. Su misión es proporcionar análisis y transparencia en temas de defensa, seguridad nacional, tecnología militar y política científica, publicando información detallada sobre sistemas armamentísticos, doctrinas y capacidades militares a nivel global.

⁶ La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) es una alianza militar intergubernamental fundada en 1949, que agrupa a países de Europa y América del Norte. Su Agencia de Normalización (NSO) se encarga de elaborar normas técnicas comunes para garantizar la interoperabilidad militar entre sus miembros.

⁷ *The United States Army Aviation Center of Excellence* es una institución dedicada a la formación y desarrollo de la aviación militar y es responsable de la capacitación de pilotos y personal de mantenimiento de helicópteros.

⁸ *FlySight Aviation Systems* es una empresa italiana especializada en el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas para aviación militar y civil. Fundada en 2009, está enfocada en la creación de sistemas de planificación de misiones, análisis geoespacial e inteligencia táctica en tiempo real.



3.2. Limitaciones del planeamiento actual

“En lugar de intentar producir un programa que simule la mente, ¿por qué no construir una que piense de otra manera?”

(Turing, 1950)

Actualmente, el planeamiento de una misión aérea en unidades de helicópteros del Ejército de Tierra implica una importante carga de trabajo para el piloto o el equipo de planificación, derivada de la necesidad de consultar, interpretar y combinar múltiples fuentes de información en un tiempo limitado y bajo presión operativa. Este proceso, que resulta especialmente exigente cuando no se dispone de varios días previos a la misión, condiciona la eficacia del planeamiento y puede comprometer el descanso de la tripulación y la seguridad de vuelo, siendo esto lo más importante de la aviación.

Durante la fase de vuelo, el piloto debe analizar aspectos como los NOTAMs⁹ correspondientes al despegue, ruta y aterrizaje; la meteorología prevista; la cartografía¹⁰ del entorno operativo; y los procedimientos de entrada y salida de los aeródromos. Asimismo, debe crear y validar el plan de vuelo (FPL)¹¹, verificar la influencia de la meteorología sobre la ruta, calcular las prestaciones de la aeronave, y realizar una gestión del riesgo (ORM)¹².

El volumen de datos que deben ser recopilados, contrastados y aplicados al diseño de una misión representa un desafío, especialmente cuando las condiciones son cambiantes o cuando la ventana de tiempo para planificar es reducida. Además, a medida que se acerca la ejecución de la misión, aumenta la cantidad de información que debe actualizarse, lo que incrementa aún más la carga cognitiva y operativa del piloto o del equipo de planificación.

Este estudio funcional pone de manifiesto que el planeamiento actual, aunque eficaz en términos doctrinales, presenta márgenes claros de mejora en términos de automatización, rapidez y capacidad de adaptación. La necesidad de racionalizar el proceso, reducir el tiempo invertido y garantizar una mayor fiabilidad y coherencia en los datos empleados, abre la puerta a considerar soluciones basadas en inteligencia artificial como apoyo directo al proceso de planeamiento en sus distintas fases.

En la actualidad, los sistemas automáticos de planeamiento de misiones se han consolidado como herramientas imprescindibles en la aviación militar, aunque requieren de constante actualización y modernización, ya que en los últimos años la velocidad a la que avanza la tecnología es vertiginosa. Además, hay que añadir que la implementación de inteligencia artificial en el Ejército de Tierra se sigue llevando a cabo y está siendo algo novedoso, por no decir que prácticamente no se ve nada en la actualidad.

Desde sus primeras versiones en los años noventa hasta las que se siguen desarrollando, estos sistemas han evolucionado incorporando tecnologías punteras el análisis geoespacial

⁹ NOTAM (*Notice to Airmen*) es un aviso emitido por las autoridades aeronáuticas que informa sobre cambios o condiciones temporales que pueden afectar la seguridad del vuelo, como cierres de pistas, presencia de obstáculos o zonas restringidas.

¹⁰ La cartografía es la disciplina científica y técnica encargada del estudio, elaboración y representación gráfica de la superficie terrestre y sus fenómenos, generalmente a través de mapas, planos y cartas.

¹¹ FPL (*Flight Plan* o Plan de Vuelo) es el documento que recoge todos los datos relevantes del vuelo, como ruta, altitud, duración, combustible, puntos de entrada y salida del espacio aéreo, y se presenta a la autoridad aeronáutica antes del despegue.

¹² ORM (*Operational Risk Management*) es un proceso sistemático para identificar, evaluar y mitigar los riesgos que puedan surgir durante una misión, buscando minimizar su impacto sobre la seguridad y el cumplimiento del objetivo.

avanzado o la interoperabilidad entre plataformas multinacionales.

La industria aeronáutica y de defensa, con empresas como Leonardo Electronics, General Dynamics y Boeing, ha apostado por sistemas de planeamiento modulares, escalables e interconectados. El Mission Planning System (MPS) de Leonardo¹³, por ejemplo, permite planificar misiones aéreas con análisis en 2D y 3D, gestionar amenazas, preparar el briefing de vuelo e incluso realizar simulaciones previas al despegue. Todo ello siguiendo los estándares internacionales como el AFMSS o el JMPS, lo que facilita su integración en plataformas como el Typhoon, el NH90 o el C-130J (Leonardo Company, 2023).

Paralelamente, el programa IMPACT de General Dynamics¹⁴ representa la siguiente generación de estos sistemas, integrando el planeamiento de misiones con el control del espacio aéreo, lo que permite coordinar aeronaves, drones y artillería desde una única interfaz web 3D, se muestra de manera gráfica en la ilustración 3 (General Dynamics, 2024).



Ilustración 3. Software designed to reduce pilot workload, improve situational awareness and sensor-to-shooter timelines, and reduce fratricide. Fuente: General Dynamics.

La experiencia de combate en Afganistán, Irak y más recientemente Ucrania e Israel, ha demostrado que los sistemas de planeamiento deben ser capaces de adaptarse a entornos cambiantes casi en tiempo real. Por ello, la tendencia actual es hacia soluciones más abiertas y flexibles, donde los algoritmos de IA ayudan a predecir amenazas, optimizar rutas y reducir el riesgo de las misiones aéreas (FLYSIGHT, 2024).

Como se observa el planeamiento de misiones aéreas ha dejado de ser una tarea manual y aislada para convertirse en un proceso automatizado, integrado y dinámico, donde la inteligencia artificial y la interoperabilidad son clave para la supervivencia y éxito de las unidades aéreas modernas, debido a la gran velocidad a la que transcurre la guerra y que prácticamente es imposible para el ser humano analizar toda la información y planear todas las posibles “vías de escape”, lo cual la IA sí que es capaz de hacerlo.

Actualmente, el Ejército de Tierra español, a través de sus unidades¹⁵ de helicópteros encuadradas en las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET), opera en entornos nacionales e internacionales que requieren una elevada capacidad de planificación, coordinación y adaptación. Tal como recoge la, la principal fortaleza de las unidades aéreas del Ejército de

¹³ Leonardo S.p.A. es una empresa italiana líder en los sectores de defensa, aeroespacial y seguridad, especializada en el desarrollo de sistemas tecnológicos avanzados para fuerzas armadas y civiles. Fundada en 1948, opera a nivel internacional ofreciendo soluciones en aviación, electrónica, ciberseguridad y sistemas integrados.

¹⁴ General Dynamics Mission Systems es una división de la multinacional estadounidense General Dynamics, especializada en sistemas de mando, control, comunicaciones e inteligencia (C4ISR).

¹⁵ Las unidades que forman las FAMET son: (BHELA I, BHELEME II, BHELMA III, BHERMA IV, BHELTRA V, BHELMA VI, ACAVIET y BCG). Visibles en el Anexo VI.



Tierra reside en su capacidad para proporcionar movilidad táctica, flexibilidad operativa y apoyo directo a las fuerzas terrestres. No obstante, estas capacidades requieren ser sustentadas por sistemas tecnológicos que permitan un planeamiento rápido, preciso y adaptable (Ministerio de Defensa , 2018).

Aunque el Ejército de Tierra cuenta con procedimientos de planeamiento bien estructurados y una elevada preparación táctica en algunas ocasiones los medios que posee no son los más modernos perjudicando el planeamiento y la preparación táctica. La interoperabilidad y la capacidad de trabajar en red son elementos clave en el planeamiento moderno. En 1997 ya advertía que el éxito en un Centro de Operaciones Aéreas Conjunto dependía de disponer de sistemas de planeamiento conectados en red, capaces de actualizar rutas y decisiones de forma dinámica, una lección que sigue vigente en el actual debate sobre las limitaciones del AMPS (Brence, 1997).

Es por eso por lo que la incorporación de sistemas como el AMPS permitiría modernizar los aparatos y procedimientos, sustituyendo los que eran realizados a mano, mejorando así los tiempos de respuesta y reduciendo la carga de trabajo del personal. Además, la posible integración de la inteligencia artificial en estos sistemas ofrecerá capacidades predictivas que facilitarán la toma de decisiones en situaciones críticas, como la detección y evasión de amenazas, la optimización de rutas o la adaptación dinámica del plan de misión.

Otra de las grandes ventajas, la utilización de AMPS permitirá a las FAMET integrarse plenamente en operaciones conjuntas y multinacionales, donde el intercambio de datos de misión y la interoperabilidad con otras fuerzas aéreas y terrestres es esencial. Gracias a estas capacidades, el Ejército de Tierra podrá afrontar con garantías misiones en el extranjero, tanto en el marco de operaciones de mantenimiento de la paz como en escenarios de alta intensidad, utilizando los estándares más avanzados de planificación y ejecución aérea (Ministerio De Defensa, 2021)

La implementación de AMPS en nuestro ejército supone un paso necesario para mantener la eficacia operativa de las unidades aéreas, garantizando que puedan actuar de forma eficiente, segura y coordinada en cualquier teatro de operaciones, adaptándose a los retos del combate moderno.

Con el fin de contextualizar el nivel de desarrollo y las capacidades actuales de los principales sistemas de planeamiento digital empleados en el ámbito militar, se ha elaborado una comparativa entre el *Automated Mission Planning System*, el *Joint Mission Planning System* y el *Mission Planning System* de Leonardo. Esta tabla permite apreciar de forma sintética las diferencias existentes en cuanto a interoperabilidad, nivel de automatización, compatibilidad con plataformas y grado de integración tecnológica, ofreciendo así una visión general del estado actual del planeamiento digital en distintos entornos operativos.



Tabla 1. Comparativa de los principales sistemas de planeamiento de misión. Fuente: Elaboración propia a partir de documentación de Leonardo Electronics (2022), INDRA (2023) y U.S. Air Force (2021).

Sistema	Desarrollador	Nivel de automatización	Integración con otros sistemas	Compatibilidad plataformas	Características destacadas
AMPS	INDRA / FAMET	Baja (planeamiento manual)	Media (CIS, meteo, NOTAMs)	NH-90, CH-47	Sistema operativo actual de FAMET
JMPS	EE. UU. (USAF/Navy)	Media	Alta (C4ISR, DAFIF, etc.)	Multi-plataforma	Modular, interoperable OTAN
MPS Leonardo	Leonardo Electronics	Alta	Alta	NH90, HH101, A129	IA básica para planificación y SAR automático

Como puede observarse en la tabla 1, los sistemas más recientes, como el MPS, tienden hacia una integración total dentro del concepto de Performance-Based Logistics, incorporando algoritmos automáticos de cálculo de rutas y análisis de misión en tiempo real. Por el contrario, el AMPS, aunque consolidado en el Ejército de Tierra, presenta un menor grado de automatización y depende aún en gran medida del operador humano. Estas diferencias justifican la necesidad de avanzar hacia modelos más inteligentes y adaptativos, capaces de integrar fuentes de datos abiertas y ofrecer una asistencia predictiva al piloto durante el proceso de planeamiento.

3.3. Fundamentos y aplicaciones de la inteligencia artificial en el entorno militar

“La inteligencia artificial no es el futuro, es el presente que debemos entender y gobernar antes de que otros lo hagan por nosotros.”
(Coronel Baños, 2025)

La inteligencia artificial es la disciplina de la informática dedicada a crear sistemas capaces de imitar funciones cognitivas propias del ser humano, como el aprendizaje, razonamiento, percepción y toma de decisiones.

El origen formal de la IA se remonta a 1956, durante el taller de Dartmouth organizado por John McCarthy y colaboradores, en el cual se acuñó el término “*artificial intelligence*” y se estableció la investigación en algoritmos que simularan la inteligencia humana, en 1950, Alan Turing ya había planteado la posibilidad de que las máquinas “pensaran”, introduciendo la famosa prueba que lleva su nombre (Lawrence Livermore National Laboratory, 2019).

A grandes rasgos, la IA se agrupa en dos categorías principales:

- IA débil o especializada (*Narrow AI*): diseñada para tareas concretas —por ejemplo, reconocimiento de voz, detección de amenazas o planificación de rutas— y es el tipo de IA que se utiliza hoy en día.
- IA fuerte o general (AGI): hipotética y capaz de realizar cualquier tarea cognitiva humana; aún no existe y plantea retos éticos y técnicos mayores. (Tyson, 2021)



En los últimos años, la inteligencia artificial ha experimentado un crecimiento notable, impulsado principalmente por el aumento exponencial de la potencia computacional, la disponibilidad de grandes volúmenes de datos y la creación de nuevas arquitecturas de procesamiento. El desarrollo de unidades gráficas de procesamiento ha permitido entrenar redes neuronales profundas con una capacidad de cálculo antes inimaginable, logrando avances destacados en numerosas áreas. A esto podemos sumarle la disponibilidad de grandes conjuntos de datos, lo que facilita que los algoritmos de aprendizaje automático puedan mejorar continuamente su rendimiento mediante el análisis de información masiva. Finalmente, el diseño de nuevas arquitecturas ha permitido el desarrollo de soluciones avanzadas como GPT-3 o ChatGPT desde 2017, que han revolucionado la manera en la que las máquinas procesan y generan información (Doshi-Velez, 2017).

Desde el ámbito académico, Haenlein y Kaplan definen la inteligencia artificial como “la capacidad de un sistema para interpretar datos externos correctamente, aprender de ellos y utilizar ese aprendizaje para alcanzar objetivos específicos mediante la adaptación flexible a nuevos contextos”. Esta definición refleja el enfoque actual de la IA, que no solo se entiende como una herramienta de automatización de tareas, sino también como un sistema de inteligencia aumentada, haciendo que sea una interacción colaborativa (ilustración 4), capaz de proporcionar apoyo al ser humano a través de soluciones responsables, explicables y adaptativas.

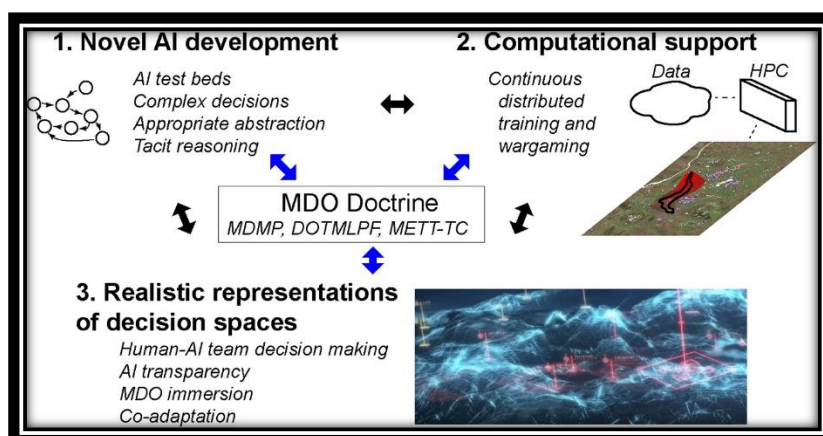


Ilustración 4. Interacción colaborativa entre el operador humano y la inteligencia artificial en procesos de toma de decisiones militares (Human-AI Teaming). Fuente: Frontiers in Artificial Intelligence.

En los últimos años se han presentado ejemplos de cómo la inteligencia artificial puede integrarse directamente en sistemas de gestión del campo de batalla demostrándose cómo un sistema de planificación automatizada, apoyado en redes de sensores, puede generar y adaptar planes de forma autónoma en un entorno complejo, lo que evidencia la viabilidad de trasladar este tipo de capacidades a herramientas como el AMPS (Testón, 2025).

En el ámbito de la aviación no tripulada, la investigación reciente ya explora soluciones avanzadas para planificar misiones de forma autónoma. Se proponen un algoritmo genético multiobjetivo que permite generar planes de misión optimizados para equipos de UAV¹⁶s, teniendo en cuenta restricciones operativas y ambientales, lo que constituye un precedente aplicable a futuros desarrollos en aviación tripulada (Ramírez-Atencia, 2024).

En el área del planeamiento de misiones aéreas, la inteligencia artificial aporta soluciones

¹⁶ UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*): aeronave no tripulada —comúnmente “dron”— que vuela sin piloto a bordo, operada de forma remota o con autonomía parcial/total; suele integrarse en un sistema mayor (UAS/RPAS) con estación de control y enlace de comunicaciones.



en diferentes áreas clave. Se utiliza para el análisis predictivo de amenazas y rutas, anticipando posibles riesgos antes de que se materialicen en la misión. La Revista Ejército destaca que “los sistemas de IA permiten construir modelos predictivos que detectan amenazas antes de que afecten a la operación, proporcionando una ventaja decisiva en la fase de planeamiento”. También permite la optimización automática de trayectorias, generando planes más seguros y eficientes, reduciendo así la carga cognitiva de los operadores (Ministerio de Defensa (España), 2024).

Por otro lado, la IA facilita el filtrado inteligente de datos meteorológicos o geoespaciales, seleccionando la información más relevante para la misión. Tal como indica el Instituto Español de Estudios Estratégicos, “la capacidad de integrar fuentes heterogéneas en tiempo real, como sensores, inteligencia e información táctica, es clave para el planeamiento dinámico asistido por IA”. Además, actúa como apoyo en la toma de decisiones en tiempo real, ofreciendo recomendaciones operativas basadas en análisis complejos (García, 2024).

En los últimos años, el desarrollo de la inteligencia artificial ha revolucionado múltiples sectores, y el ámbito militar no ha sido una excepción en lo teórico. La posibilidad de utilizar sistemas (ilustración 5) que integren grandes volúmenes de información, se realice análisis predictivos, simulen escenarios o incluso propongan rutas alternativas de forma autónoma representa un cambio de paradigma en la forma en que se planifican y ejecutan operaciones. Sin embargo, en la práctica, muchos ejércitos, especialmente los europeos, siguen operando con herramientas muy limitadas que apenas se benefician de estas capacidades. Esto demuestra que la implementación de la inteligencia artificial aún no se ha generalizado en el entorno militar. En un análisis más amplio, se recoge un conjunto de sistemas y herramientas utilizadas en el planeamiento militar moderno, y concluye que la mayoría de estos sistemas siguen dependiendo en gran medida del juicio humano, siendo más herramientas de apoyo que verdaderos entornos inteligentes de decisión (Guitouni, 2013).

Algunos estudios recientes destacan que los principales obstáculos para incorporar tecnologías como la IA no son de carácter técnico, sino estructural y organizativo. Los marcos tradicionales de validación de sistemas (TRLs)¹⁷ no se ajustan bien a la naturaleza flexible y evolutiva de la inteligencia artificial, lo que ralentiza su incorporación a entornos operativos reales (Cummings, 2023). Al igual que se critica que muchos países europeos mantienen todavía estructuras de mando, sistemas logísticos y herramientas digitales que no se han actualizado en décadas, lo que genera una brecha creciente entre el potencial tecnológico y la realidad del día a día militar (Marler, 2021).

Esta falta de adaptación tecnológica ha sido especialmente evidente en el caso alemán, donde incluso se ha denunciado públicamente que parte de las fuerzas armadas siguen utilizando medios como el fax para coordinar operaciones, y que las radios no son interoperables entre unidades de distinto origen nacional (Financial Times, 2023). En el Reino Unido, otro análisis apunta que el Ministerio de Defensa muestra una fuerte cultura de aversión al riesgo que impide la experimentación con soluciones disruptivas como la IA, a pesar de tener acceso a las herramientas necesarias (Financial Times, 2024).

Para comprender las posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento, resulta esencial distinguir los distintos tipos de IA existentes y su grado de madurez tecnológica. A continuación, se presenta una tabla que sintetiza cómo estos tipos de inteligencia podrían aplicarse al planeamiento de misión en el ámbito militar, destacando su nivel de desarrollo actual y el beneficio operativo esperado

¹⁷ Los *Technology Readiness Levels* (TRLs) son una escala de evaluación tecnológica utilizada por organismos como la NASA, la OTAN o la Comisión Europea. Van del nivel 1 (principios básicos observados) al nivel 9 (tecnología demostrada en entorno operativo real), y suelen emplearse para valorar si una tecnología está lista para ser desplegada en el ámbito militar o industrial.



Tabla 2. Aplicaciones potenciales de los distintos tipos de inteligencia artificial en el planeamiento de misión. Fuente: Elaboración propia a partir de Haenlein y Kaplan (2019), "A Brief History of Artificial Intelligence", California Management Review.

Tipo de IA	Aplicación potencial en el planeamiento	Nivel de madurez actual	Beneficio esperado
Analítica (cognitiva)	Análisis meteorológico, procesamiento de datos geoespaciales y optimización de rutas	Alta	Reducción significativa de la carga de trabajo y aumento de la precisión en la planificación
Inspirada en humanos (emocional/cognitiva)	Asistencia al piloto en la toma de decisiones, detección de amenazas y reajuste dinámico del plan	Media	Mejora de la seguridad y de la capacidad de respuesta ante imprevistos
Humanizada (social/emocional)	Interacción colaborativa entre operador humano y sistema IA en entornos tácticos compartidos	Baja	Incremento de la interoperabilidad y de la cohesión entre unidades en tiempo real

La tabla 2 pone de manifiesto que las aplicaciones más viables a corto plazo se encuentran en la IA analítica, especialmente en la automatización del tratamiento de datos meteorológicos y cartográficos, así como en la generación de rutas óptimas en función de variables tácticas. Por otro lado, las IA inspiradas en humanos y humanizadas representan el futuro del Human–AI Teaming, donde la máquina no sustituye al operador, sino que colabora con él, aportando un apoyo cognitivo en la toma de decisiones. Este avance progresivo permitirá pasar de un modelo de planeamiento asistido por ordenador a un modelo de planeamiento adaptativo e inteligente, plenamente integrado en los sistemas de misión de las FAMET.



Ilustración 5. AMPS de INDRA¹⁸ usado en ciertos batallones FAMET. Fuente: Elaboración propia.

¹⁸ INDRA Sistemas S.A. es una empresa española líder en consultoría tecnológica y de ingeniería, especializada en



3.4. Estado actual del AMPS: capacidades reales y brechas por plataforma

En las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra español, el sistema AMPS se utiliza como una herramienta de visualización y soporte que permite tener reunida la información necesaria para una misión, pero no realiza ninguna función real de planeamiento automatizado ni ayuda al piloto en la preparación previa de la misión.

Gracias a las entrevistas y la documentación técnica permiten matizar el diagnóstico del “desfase” tecnológico del AMPS: no es uniforme, sino dependiente de la plataforma y del grado de integración. En CH-47 (BHELTRA V), el sistema se percibe muy complejo y poco intuitivo (ilustración 6), con una curva de aprendizaje alta y procesos de preparación largos; aunque admite integrar meteo/NOTAM/cartografía, el esfuerzo manual y la imposibilidad de actualización en vuelo (cabina deliberadamente aislada) reducen su retorno cuando cambian las condiciones. Además, la coexistencia histórica de un AMPS “americano” en Chinook y la convergencia aún en curso hacia la solución nacional ha generado problemas de compatibilidad con otras unidades.

En cambio, en plataformas con enlace de datos (p. ej., Tigre/NH90) y operador AMPS en tierra, el sistema sí permite actualizar la misión durante el vuelo mediante telecontrol: el operador remite cambios que la tripulación visualiza a bordo, lo que alivia la necesidad de automatismos “en cabina” y mejora la percepción de utilidad del sistema. Desde la óptica industrial, se trabaja para alinear interoperabilidad entre Tigre, NH90 y Chinook manteniendo AMPS como base común; el Chinook parte de una situación más temprana de integración y conectividad.

La literatura técnica de MPS/JMPS muestra que los planificadores modernos ya contemplan importación de NOTAM, datos JEPPESEN/DAFIF, cálculo de performance, material de briefing y configuración de radios y enlaces (MIDS/Link-16), con exportación a dispositivos de transferencia y debriefing; es decir, el estado del arte avala procesos más modulares e integrados que reducen tiempos de entrada de datos y mejoran la interoperabilidad. La brecha identificada en FAMET no es tanto conceptual como de implementación y homogeneidad entre plataformas, particularmente en Chinook.

En síntesis, el AMPS hoy ordena y visualiza lo preparado por el personal, pero su capacidad de asistir activamente al piloto en el pre-planeamiento es limitada allí donde no existe *datalink*¹⁹ ni operador dedicado; por ello, los cuellos de botella siguen estando en la preparación manual, la cartografía y la parametrización, y persiste la necesidad de convergencia técnica para el empleo conjunto. Este diagnóstico de “desfase relativo” aporta el caso de uso para introducir asistencias inteligentes en tierra (integración automática de fuentes, sugerencias de ruta bajo control humano), sin modificar el principio de cabina aislada ni la toma de decisiones por la tripulación.

En las entrevistas realizadas a personal experto se determinan con más detenimiento los aspectos mencionados anteriormente.

defensa, seguridad, transporte, energía, telecomunicaciones y transformación digital. En el ámbito militar, es el principal contratista tecnológico del Ministerio de Defensa español y proveedor de sistemas de mando, control, comunicaciones, inteligencia y simulación para las Fuerzas Armadas.

¹⁹ DATALINK (enlace de datos): Servicio de comunicaciones digitales seguras para intercambiar/actualizar datos de misión en tiempo casi real entre la aeronave y una estación en tierra; en entornos MPS incluye configuración de radios y equipos MIDS/Link-16. En plataformas que lo soportan, un operador en tierra puede enviar cambios que la tripulación visualiza en AMPS a bordo.

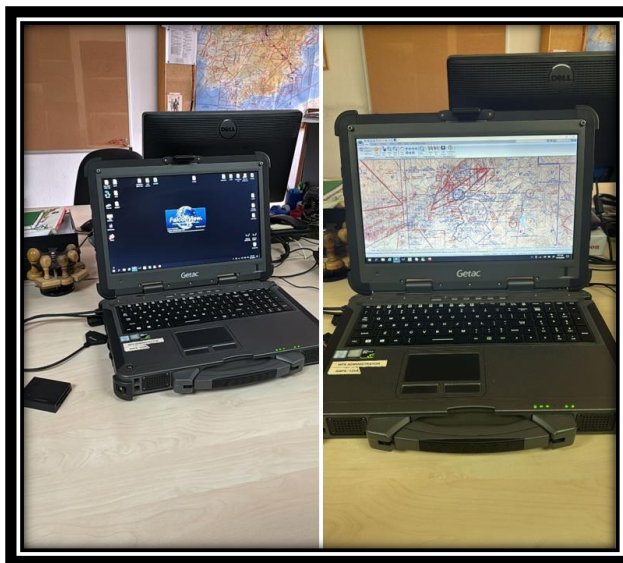


Ilustración 6. AMPS actual utilizado en BHELTRA V. Fuente: Elaboración propia.

4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

*“No es que tengamos poco tiempo, sino que perdemos mucho.”
(Séneca, 2004)*

4.1. El planeamiento y la inteligencia artificial

Como se ha venido hablando anteriormente, el planeamiento de misión constituye una de las fases más críticas en la ejecución de operaciones aéreas en el ámbito de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra. A pesar de los avances tecnológicos aplicados al ámbito aeronáutico, este proceso continúa exigiendo un elevado grado de intervención humana, tanto en el análisis de la información como en la elaboración de rutas, la configuración de aeronaves o la interpretación de condicionantes tácticos, geográficos y meteorológicos. El sistema AMPS empleado actualmente por las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra, constituye una herramienta valiosa, pero no exenta de limitaciones, sobre todo en lo que se refiere a la integración de fuentes de información externas, la agilidad en entornos dinámicos y la reducción de carga cognitiva para el piloto.

La doctrina aliada ha puesto de manifiesto, desde hace años, la necesidad de avanzar hacia entornos de planeamiento más integrados y adaptativos. Sistemas como el JMPS (*Joint Mission Planning System*) en el ámbito de la USAF²⁰ o las soluciones de Leonardo (MPS LQ) en plataformas europeas han apostado por arquitecturas modulares, capaces de interactuar con múltiples fuentes (C4ISTAR²¹, meteorología, inteligencia, etc.) y facilitar el trabajo en conjunto. No obstante, incluso en estos entornos más desarrollados, la capacidad de interpretar, fusionar y jerarquizar información relevante recae principalmente sobre el operador humano. Esto genera una sobrecarga notable en términos de tiempo y esfuerzo mental, especialmente en situaciones

²⁰ USAF: Fuerza Aérea de los Estados Unidos (*United States Air Force*).

²¹ C4ISTAR: Acrónimo de *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*, que designa el conjunto de capacidades militares orientadas a la gestión de la información operativa en tiempo real.



donde los plazos de planeamiento son reducidos o las condiciones de la misión varían súbitamente.

En este contexto, el uso de inteligencia artificial emerge como una solución potencial para asistir al piloto en la toma de decisiones y en la optimización del proceso de planeamiento. Tal y como se abordó en el apartado 3.3, la inteligencia artificial se configura actualmente como un sistema capaz de ofrecer soluciones adaptativas, explicables y útiles en entornos dinámicos como el del planeamiento táctico. Esta definición, ampliamente aceptada en el ámbito académico y empresarial, se ajusta de forma natural al problema del planeamiento de misión: interpretar datos meteorológicos, cartográficos, tácticos y técnicos; aprender de misiones previas o datos históricos; y proponer al piloto un conjunto de rutas y configuraciones óptimas en función de los objetivos y restricciones de cada operación.

Desde el punto de vista normativo, la implementación de una IA en el sistema de planeamiento debería ajustarse a los estándares de interoperabilidad OTAN, como el STANAG 4554, que define los formatos de intercambio de datos digitales para operaciones aéreas. Además, debe garantizarse la trazabilidad de las decisiones tomadas por la IA, especialmente en entornos donde la seguridad de la tripulación y el éxito de la misión dependen de una correcta interpretación del entorno operativo. La IA no debe sustituir al piloto en su responsabilidad final, sino actuar como un asistente cognitivo que reduzca su carga mental y facilite el acceso a información relevante en tiempo real.

La utilidad de la IA no se limita únicamente a la fase previa al vuelo. En situaciones reales de combate o rescate, donde las condiciones pueden cambiar de forma súbita, un sistema inteligente podría llegar a reevaluar los parámetros iniciales, detectar amenazas emergentes (como una zona con fuego enemigo activo, cambios meteorológicos críticos o la presencia de obstáculos en vuelo bajo) y sugerir planes alternativos. No obstante, debe aclararse que este tipo de capacidades operativas avanzadas queda muy lejos del alcance de este trabajo. El presente TFG no pretende abordar el desarrollo de una IA con funciones de detección de amenazas ni toma de decisiones tácticas en tiempo real, sino que se limita a analizar, desde una perspectiva exploratoria, la posible integración de herramientas basadas en IA para asistir al piloto en el planeamiento del vuelo, fundamentalmente en la recopilación, cruce y presentación optimizada de información relevante. Para ello, resulta fundamental que dicha IA disponga de acceso a bases de datos abiertas y en tiempo real (como OpenData de AEMET²² para meteorología, SIGPAC²³ o IGN²⁴ para cartografía), y que sea capaz de fusionar esta información con los requisitos técnicos de la aeronave y los criterios tácticos definidos en la fase de planificación.

Hay que señalar que el desarrollo de un sistema inteligente de planeamiento no puede desvincularse del factor humano. El éxito de su implementación dependerá en gran medida de la formación de las tripulaciones, la confianza que estas depositen en el sistema y su capacidad para interpretarlo, integrarlo en su flujo de trabajo y tomar decisiones informadas. Como ha demostrado la experiencia reciente en teatros de operaciones donde se han introducido elementos de IA en la toma de decisiones (como en el caso de las Fuerzas de Defensa de Israel, referenciado en publicaciones del Ejército español), la utilidad de estas herramientas radica no solo en su potencia técnica, sino en su aceptación operativa.

²² OpenData de AEMET: Plataforma oficial de la Agencia Estatal de Meteorología de España que proporciona acceso libre y gratuito a datos meteorológicos en formatos estructurados y reutilizables.

²³ SIGPAC: Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. Plataforma del Ministerio de Agricultura de España que permite consultar cartografía detallada de uso del suelo, cultivos y límites de parcelas en todo el territorio nacional.

²⁴ IGN: Instituto Geográfico Nacional. Organismo oficial español responsable de la producción y mantenimiento de la cartografía, la geodesia y la información geográfica del Estado.



Esta situación conecta directamente con los principios establecidos por la Teoría de la Carga Cognitiva, desarrollada por John Sweller²⁵ en 1988, la cual sostiene que la capacidad de procesamiento de la memoria de trabajo humana es limitada, y que un exceso de información simultánea puede comprometer la eficacia en la toma de decisiones. Aplicado al contexto del planeamiento de misión, esto significa que el piloto, al enfrentarse a múltiples fuentes de datos (como cartas aeronáuticas, partes meteorológicos, NOTAMs, amenazas identificadas por inteligencia, condiciones técnicas de la aeronave o restricciones tácticas), debe realizar un proceso de síntesis y priorización bajo presión temporal. Este esfuerzo mental puede derivar en errores de omisión, interpretaciones incorrectas o una planificación subóptima. En este sentido, un sistema basado en inteligencia artificial que actúe como ayuda cognitiva, jerarquizando la información relevante, identificando correlaciones entre variables y proponiendo configuraciones preliminares, no solo aligerar la carga de trabajo, sino que contribuye directamente a la mejora de la seguridad y la eficacia de la operación (Sweller, 1988).

En la misma línea, desde el ámbito doctrinal de la OTAN, se han desarrollado modelos específicos para analizar la eficacia de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones en entornos operativos complejos. Uno de ellos es el modelo H-METRIC (*Human-Machine Effectiveness in Tactical Real-time Information and Communication*), utilizado para evaluar cómo interactúan los operadores humanos con sistemas digitales en escenarios reales. Este modelo subraya que la efectividad de un sistema no depende exclusivamente de sus capacidades técnicas, sino de la forma en que este se integra en el flujo de trabajo humano: debe ser comprensible, presentar la información de manera estructurada y jerarquizada, facilitar la supervisión humana y adaptarse a las necesidades cambiantes del operador. Aplicado al contexto del presente trabajo, la posible incorporación de una inteligencia artificial en el sistema de planeamiento de misión no debe orientarse a reemplazar el juicio del piloto, sino a servir como un recurso complementario que mejore su percepción de la situación, reduzca el tiempo de análisis y facilite la toma de decisiones más informadas en entornos dinámicos (NATO RTO HFM-126, 2010).



Ilustración 7. Pilotos revisando cartas aeronáuticas y datos previos al vuelo durante el planeamiento de misión. Fuente: Bundeswehr/Jane Schmidt, Fighter Ops, junio 2023.

La imagen anterior (ilustración 7) muestra cómo los pilotos, ante la fase previa al vuelo, deben interpretar y organizar múltiples elementos manualmente: aerovías, áreas prohibidas, condiciones meteorológicas y limitaciones tácticas. Esta sobrecarga visual y de atención manifiesta los principios de la Teoría de la Carga Cognitiva de Sweller, particularmente el ‘efecto

²⁵ John Sweller: Psicólogo educativo australiano, profesor emérito de la Universidad de Nueva Gales del Sur (Australia), conocido por desarrollar la Teoría de la Carga Cognitiva en los años 80, ampliamente aplicada en pedagogía y diseño instruccional.



de *atención dividida*, donde la necesidad de alternar entre distintas fuentes sin una plataforma integrada puede reducir la eficacia operativa y aumentar el riesgo de errores.

4.2. Propuesta teórica de integración de IA en el planeamiento de misión

Partiendo del análisis funcional del planeamiento actual, se plantea la posibilidad teórica de integrar una herramienta basada en inteligencia artificial que asista al piloto o al equipo de planificación en la elaboración de una misión aérea. Esta propuesta responde a la necesidad de reducir la carga de trabajo, agilizar el acceso a la información relevante y mejorar la capacidad de adaptación frente a imprevistos operativos.

La idea consiste en que una IA, entrenada y alimentada con datos geográficos, meteorológicos, aeronáuticos y operativos, sea capaz de generar automáticamente una o varias propuestas de ruta óptima a partir de una zona de operaciones determinada. Esta IA sería capaz de consultar y procesar información de fuentes abiertas como datos cartográficos (incluyendo orografía y obstáculos), datos meteorológicos en tiempo real, y bases doctrinales sobre prestaciones de la aeronave. Con esa información, el sistema calcularía rutas teniendo en cuenta la viabilidad de zonas de toma (HLZs), los márgenes operativos según peso y condiciones atmosféricas, y los factores tácticos asociados al tipo de misión, como zonas de amenaza, medidas de coordinación o frecuencias.

La capacidad de esta IA no sustituiría al juicio del piloto, sino que actuaría como un asistente inteligente capaz de entregar un planeamiento preliminar o alternativo, que posteriormente sería validado, ajustado o descartado por el operador humano. En caso de que cambien las condiciones (meteorología, situación táctica, objetivos, etc.) poco antes del vuelo, el sistema permitiría recalcular rápidamente nuevas rutas adaptadas, facilitando así la toma de decisiones en entornos dinámicos y complejos.

Este planteamiento teórico no busca definir una arquitectura técnica cerrada, sino valorar la viabilidad conceptual de incorporar herramientas inteligentes al AMPS o a sistemas equivalentes, tomando como base modelos comerciales existentes, y con la posibilidad de que en el futuro se desarrolle una solución propia, específicamente diseñada para las necesidades de las FAMET y mantenida por el Ejército de Tierra.

4.3. Resultado de las entrevistas personales

Para la elaboración de este apartado se llevaron a cabo entrevistas con personal militar y civil directamente vinculado al AMPS) en unidades de helicópteros del ET, así como con personal técnico de la industria de defensa. Todos ellos poseen un conocimiento profundo del planeamiento de misión, acumulando miles de horas de vuelo y participación en despliegues en teatros como Bosnia, Irak o Afganistán. Por razones de confidencialidad, se preserva el anonimato de los participantes, empleándose únicamente referencias genéricas a su empleo y ámbito profesional.

El modelo de entrevista empleado como referencia para la obtención de la información se presenta en el Anexo I, donde se incluyen las preguntas base adaptadas a cada entrevistado.

Entrevista Sargento Primero

El Sargento Primero expresa una brecha de usabilidad muy acusada en el AMPS: sistema “muy complejo y nada intuitivo” que exige alta especialización y consumo intensivo de tiempo, lo que desincentiva su uso profundo por la mayoría de los pilotos y concentra el planeamiento en pocos especialistas. La preparación de misiones se valora como “extremadamente larga”; aunque es posible integrar capas (meteorología, NOTAM, cartografía), el esfuerzo manual y la variabilidad meteorológica entre la tarde de preparación y la salida matinal reducen el retorno



operativo cuando no puede reajustarse en vuelo. El aislamiento deliberado de la cabina (sin internet) implica que, una vez cargado el paquete en tarjeta, no hay actualización en vuelo; el entrevistado describe un fallo solventado en tierra mediante recarga de archivos justo antes de la salida, ilustrando la necesidad de mecanismos de recuperación previos al despegue sin romper ese aislamiento.

Asimismo, resalta un problema de interoperabilidad: el CH-47 operaba con un AMPS de origen estadounidense, no compatible con el resto de FAMET; INDRA estaría desarrollando una solución para convergencia de formatos y lectura a bordo, situación calificada como “catastrófica” hasta que la integración sea efectiva. Ante este contexto, el entrevistado considera “buenísima idea” incorporar IA en el pre-planeamiento en tierra que integre automáticamente meteo/NOTAM/cartografía y entregue un producto estandarizado en minutos frente a aproximadamente 2 horas, manteniendo la validación humana. La arquitectura deseada se asemeja a un “*CarPlay*”²⁶ de misión: preparar en un entorno seguro (tipo *SkyDemon* avanzado) y volcar a un formato que la aviónica lea, sin habilitar internet en cabina por el riesgo cibernético que ello supondría. En cualquier caso, la toma de decisiones y la supervisión final deben permanecer en el tripulante: “la IA lo hace y el humano lo revisa”.

Entrevista personal Ingeniero INDRA

Del testimonio del entrevistado se desprende que el AMPS ofrece hoy un alto grado de integración de datos (cartografía, radioayudas, NOTAM, meteorología) y que, en plataformas con enlace de datos, existe la capacidad de telecontrol desde tierra para actualizar la misión en vuelo: un operador dedicado puede remitir modificaciones que quedan visibles para la tripulación, lo que atenúa la necesidad de automatismos de IA “en cabina” al estar el proceso asistido por un humano. Subraya que la herramienta *datalink* empleada es “muy intuitiva” y que la interoperabilidad entre Tigre, NH90 y Chinook es la dirección de trabajo actual, manteniéndose AMPS como base común. En el caso del Chinook, matiza que se encuentra en fase temprana de integración y sin toda la conectividad disponible en otras plataformas, lo que explicaría percepciones de menor rendimiento frente a entornos más maduros (Tigre/NH90). En conjunto, su valoración del sistema es positiva (“AMPS es muy bueno”), especialmente cuando se explotan sus capacidades de enlace y apoyo desde tierra.

En cuanto a la IA aplicada al planeamiento, considera razonable su uso para agregar y analizar fuentes (NOTAM y meteorología), valorar riesgos y sugerir rutas alternativas con recomendaciones al piloto. Sin embargo, insiste en que, con un operador AMPS dedicado y la actualización dinámica vía enlace de datos, la IA aportaría valor de “doble chequeo” de seguridad más que una reducción sustantiva de la carga de trabajo. En síntesis, IA sí, pero como apoyo consultivo y recomendador, priorizando la colaboración hombre-máquina y manteniendo la decisión en la tripulación y el operador de tierra.

Entrevista Cabo Primero

A lo largo de la entrevista el Cabo Primero muestra una evolución clara del AMPS en su unidad: del modelo inicial orientado al Tigre alemán, poco intuitivo, a una versión desarrollada por INDRA más adaptada a las necesidades operativas (tal y como vemos en la anterior entrevista). En la práctica, el sistema permite planificar con rapidez cuando el operador AMPS trabaja codo con codo con la tripulación que ha definido el plan táctico; sin embargo, la principal limitante no es el software en sí, sino la tecnología disponible a bordo del helicóptero. Los cuellos de botella de tiempo se concentran en el tratamiento/creación de cartografía (que, una vez generada, queda en base de datos), en la confección de situaciones tácticas y en la

²⁶ *CarPlay*: sistema de Apple que integra el iPhone con la pantalla del vehículo (por cable o inalámbrico) para usar aplicaciones compatibles y control por Siri de forma segura durante la conducción.



parametrización de radios. Además, la cartografía debe descargarse y procesarse con aplicaciones externas para hacerla compatible con el sistema; las actualizaciones de software suelen introducir incidencias que INDRA debe resolver, y se considera prioritario acometer una actualización de equipos de mayor capacidad para sostener el rendimiento esperado.

Respecto a la IA, el entrevistado prevé aceleración del planeamiento si la herramienta ofrece alternativas de ruta y opciones a las tripulaciones, siempre que las fuentes (meteo, obstáculos, etc.) sean fiables; en todo caso, recalca la necesidad de revisión humana de los datos propuestos por la IA. Subraya, asimismo, que el planeamiento táctico no debería automatizarse: debe seguir bajo criterio humano. Para la evolución futura del sistema, recomienda valorar de forma sistemática las sugerencias y necesidades tanto de pilotos como de operadores AMPS, reforzando el bucle de retroalimentación usuario–desarrollador.

Entrevista Teniente Coronel

Con amplia experiencia operativa en unidades de helicópteros de maniobra, el Teniente Coronel destaca que el planeamiento actual en el BHELMA III se realiza mediante diversas aplicaciones no integradas (AMPS, AIP²⁷, Windy²⁸, Google Earth) lo que obliga a emplear distintos equipos y localizaciones, incrementando la carga de trabajo y el tiempo invertido. Identifica como principales puntos de fricción la dispersión de fuentes de información y la necesidad de introducir manualmente datos meteorológicos, NOTAM o cartografía. Considera que una herramienta capaz de integrar automáticamente estas fuentes aportaría un valor real, reduciendo significativamente los tiempos de planeamiento y aumentando la eficiencia.

Subraya la importancia de mantener la interoperabilidad OTAN conforme al STANAG 4554, actualmente infrautilizada en el ámbito nacional, y aboga por un sistema común para todas las plataformas FAMET. En cuanto a la inteligencia artificial, la valora como un elemento de asesoramiento y apoyo, útil para la identificación de rutas, zonas de aterrizaje (HLZ) y cálculos de prestaciones (peso, combustible o carga), siempre bajo la supervisión y decisión final del piloto. Destaca como principal reserva la fiabilidad de los datos generados y la necesidad de un despliegue progresivo que permita evaluar su eficacia. En síntesis, la IA debe concebirse como una herramienta de ayuda no vinculante, centrada en ofrecer respuestas simples, precisas y rápidas que reduzcan el tiempo total de planeamiento sin sustituir el criterio humano.

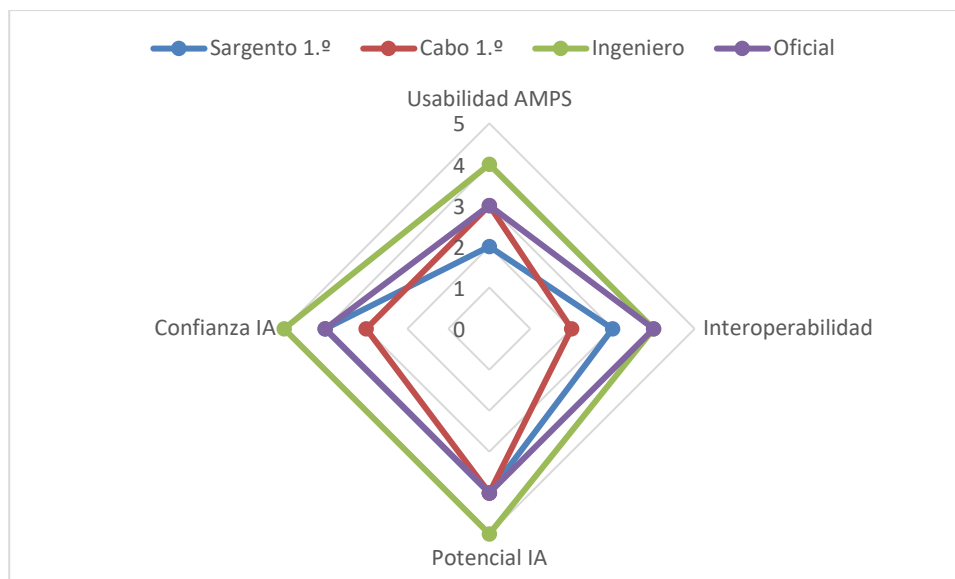
A fin de representar de manera comparativa las percepciones recogidas en las entrevistas, se elaboró un gráfico radial (ilustración 8) que sintetiza las valoraciones otorgadas por los distintos perfiles en torno a cuatro dimensiones clave: usabilidad del sistema AMPS, interoperabilidad entre plataformas, potencial de aplicación de la inteligencia artificial y nivel de confianza en su empleo. Este formato permite visualizar las diferencias y coincidencias entre los entrevistados, ofreciendo una visión global del grado de aceptación y expectativas sobre la integración de la IA en el planeamiento de misión.

²⁷ AIP (*Aeronautical Information Publication*): Publicación de Información Aeronáutica. Documento oficial que recoge información esencial y permanente sobre aeropuertos, rutas aéreas, espacios aéreos y procedimientos de vuelo, utilizado como referencia por pilotos y planificadores de misión.

²⁸ Windy: Plataforma meteorológica digital que integra datos procedentes de múltiples modelos numéricos (como ECMWF o GFS) y permite visualizar en tiempo real información sobre viento, temperatura, nubosidad o precipitaciones, ampliamente empleada para la planificación meteorológica aeronáutica.



Ilustración 8. Valoración comparativa de los entrevistados sobre el sistema AMPS y la integración de la inteligencia artificial en el planeamiento de misión. Fuente: Elaboración propia.



Del análisis de las entrevistas realizadas se desprende un consenso generalizado en torno a la utilidad del sistema AMPS como herramienta fundamental en el proceso de planeamiento de misión. No obstante, todos los entrevistados coinciden en que su potencial está lejos de haberse explotado plenamente, evidenciando que la evolución tecnológica y doctrinal de las unidades aéreas aún presenta márgenes de mejora considerables. La percepción compartida es que el sistema cumple adecuadamente con las necesidades básicas del planeamiento, pero adolece de cierta rigidez operativa, de una fragmentación excesiva entre aplicaciones externas y de una dependencia notable del operador humano en tareas repetitivas o de bajo valor añadido.

En términos comparativos, los testimonios reflejan una clara disparidad tecnológica entre plataformas, especialmente entre aeronaves de nueva generación (como el NH90 o el Tigre) y otras que operan con sistemas de integración parcial, como el CH-47 Chinook. Esta diferencia repercute directamente en el grado de conectividad e interoperabilidad del AMPS, generando una brecha de modernización que condiciona la eficacia global del sistema dentro de las FAMET. A ello se suma la apreciación del personal del BHELMA III, que señala la infrautilización de la interoperabilidad OTAN prevista en el STANAG 4554 y la necesidad de avanzar hacia un sistema de planeamiento único e integrado para todas las plataformas.

Respecto al papel de la inteligencia artificial, se mantiene una opinión unánime sobre su potencial para mejorar el proceso de planeamiento. Los entrevistados destacan que la IA podría automatizar la recopilación y tratamiento de datos meteorológicos, cartográficos y tácticos — integrando fuentes como AEMET, NOTAM o bases de datos topográficas—, reduciendo significativamente los tiempos de preparación y aumentando la precisión de los cálculos. Sin embargo, todos coinciden en subrayar que la IA debe concebirse como una capacidad asistencial y no sustitutiva, preservando el criterio humano como elemento decisor final y garantizando la fiabilidad de los datos generados.

En conjunto, las percepciones recogidas apuntan hacia una modernización gradual del sistema, basada en el concepto de *Human-AI Teaming*, en la integración progresiva de tecnologías predictivas y en la plena interoperabilidad entre plataformas y aliados. Estas conclusiones refuerzan la idea de que la incorporación de inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento no solo incrementaría la eficiencia operativa y la seguridad de vuelo, sino que consolidaría un nuevo paradigma en la gestión de la información y en la toma de decisiones



tácticas dentro de las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra.

4.4. Resultado de la encuesta

El presente apartado tiene como finalidad examinar de manera sistemática los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada a personal vinculado con la aviación militar. A través de un análisis estadístico se pretende no solo describir la distribución de las respuestas (análisis descriptivo), sino también contrastar relaciones y diferencias significativas entre distintos grupos de encuestados (análisis inferencial).

De esta manera, el estudio incorpora técnicas tanto paramétricas como no paramétricas —pruebas de medias, contrastes de independencia y correlaciones— aplicadas en función de la naturaleza de cada variable. Este enfoque permitirá extraer conclusiones más sólidas y fundamentadas sobre la percepción actual del planeamiento de misiones aéreas y sobre la posible integración de herramientas de inteligencia artificial en los sistemas AMPS.

Los Anexos III, IV y V contienen toda la información relativa a la encuesta realizada, esto es: las preguntas y respuestas del cuestionario y su posterior análisis estadístico a través de contrastes.

Se realizó una encuesta a 84 profesionales ($n = 84$) vinculados al planeamiento y a las operaciones de helicópteros de las Fuerzas Armadas, con perfiles diversos y complementarios. Entre los participantes se incluyen pilotos con experiencia en mando e instrucción, oficiales de diferentes cuerpos, controladores aéreos, así como personal técnico y de mantenimiento (como suboficiales especialistas), lo que permite captar una visión integral del proceso operativo, desde la planificación de la misión hasta su ejecución y sostenimiento. La participación fue anónima, y se recogieron tanto valoraciones en escala Likert (1–5) como respuestas abiertas orientadas a identificar las limitaciones del planeamiento actual y a explorar las oportunidades de apoyo que podría ofrecer la inteligencia artificial (IA) en la fase previa al vuelo.

El cuestionario fue respondido por personal del Ejército de Tierra ($n = 45$; 53,6 %), del Ejército del Aire y del Espacio ($n = 27$; 32,1 %), de la Guardia Civil ($n = 8$; 9,5 %) y de la Armada ($n = 4$; 4,8 %), aportando una perspectiva interejércitos amplia y representativa de los distintos entornos operativos en los que se desarrolla el planeamiento de misiones aéreas. Asimismo, el 86,8 % de los participantes del Ejército de Tierra, el 81,0 % del Ejército del Aire y del Espacio, el 85,7 % de la Guardia Civil y el 75,0 % de la Armada declararon poseer experiencia en el planeamiento de misiones aéreas, lo que refuerza la calidad y fiabilidad de las respuestas obtenidas. Esta alta proporción de personal con experiencia práctica garantiza que las conclusiones del estudio reflejen de forma fiel la realidad operativa y las necesidades actuales en materia de planeamiento y automatización de misiones.

Con el objetivo de analizar si existían diferencias significativas entre el Ejército de Tierra y el conjunto de los demás ejércitos (DE), se realizó un contraste de medias sobre la variable “¿Crees que una inteligencia artificial podría reducir la carga cognitiva durante el planeamiento de una misión aérea?”.

Los resultados mostraron una media de 4,08 ($n = 38$; DE = 0,95) en el Ejército de Tierra y de 4,22 ($n = 46$; DE = 0,83) en el resto de los ejércitos, sin diferencias estadísticamente significativas ($t = -0,787$; $p = 0,434$). De forma descriptiva, el porcentaje de respuestas altas (≥ 4) fue del 86,8 % en el Ejército de Tierra y del 91,3 % en los demás ejércitos, lo que indica una coincidencia generalizada en la percepción positiva sobre el potencial de la inteligencia artificial para aliviar la carga cognitiva de los planificadores. En consecuencia, puede afirmarse que no existen diferencias significativas entre ejércitos en este aspecto, lo que refuerza la idea de una visión compartida y transversal sobre la utilidad de la IA en el planeamiento de misiones.

El formulario se estructuró en cuatro bloques temáticos:

(i) caracterización del perfil del encuestado; (ii) evaluación de la situación actual del planeamiento (nivel de automatización, integración de fuentes, carga de trabajo y utilidad de las



herramientas disponibles); (iii) grado de aceptación y funciones prioritarias que podría asumir una IA de apoyo a la planificación de misión; y (iv) riesgos y condicionantes percibidos (seguridad de la información, dependencia tecnológica, aplicabilidad y formación necesaria).

La encuesta completa se incluye en el Anexo II, y puede consultarse igualmente en línea en el siguiente enlace:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf3duRbI3hPNJHAAPCZ9C61TWJoESGZMOGUytx57IGpm0Vdaw/viewform>

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos del análisis de la encuesta:

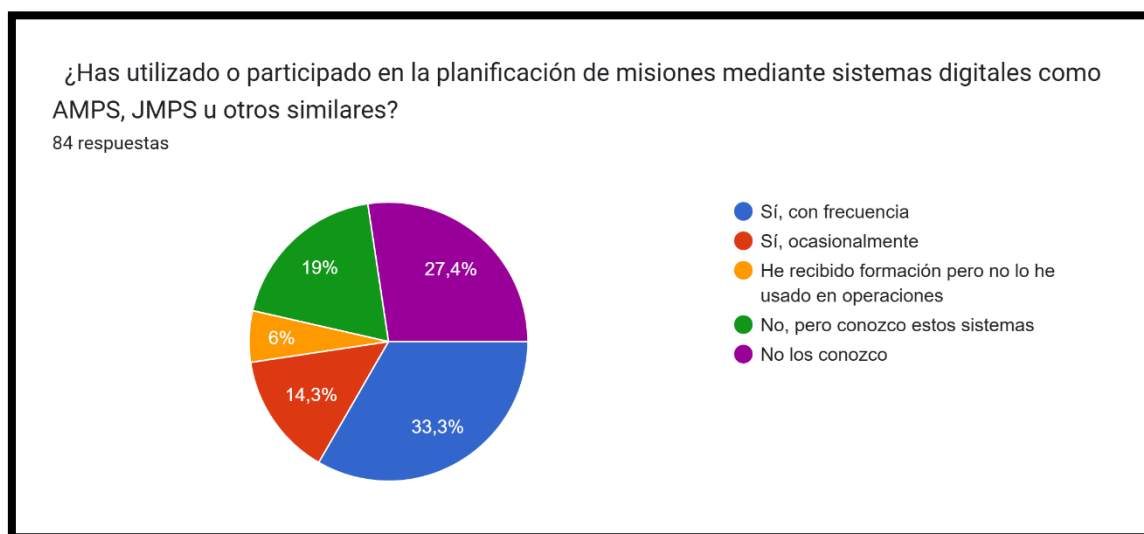


Ilustración 9. Pregunta 5 encuesta. Fuente: Elaboración propia.

A nivel descriptivo, en la ilustración 9, podemos observar que los resultados reflejan una distribución equilibrada entre ambos grupos: tanto el personal del Ejército de Tierra como el procedente de otros ámbitos declara haber utilizado o recibido formación sobre estos sistemas en proporciones similares, aunque con una ligera mayor frecuencia entre los segundos. Este reparto sugiere una convergencia doctrinal y tecnológica en el empleo de herramientas de planeamiento digital, lo que apunta hacia un proceso de homogeneización en la cultura operativa de las Fuerzas Armadas y Cuerpos de Seguridad en materia de planificación de misiones.

Con el fin de comprobar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de independencia chi-cuadrado de Pearson, obteniéndose un valor de $\chi^2 = 1,073$ con $gl = 2$ y un nivel de significación $p = 0,585$. Dado que $p > 0,05$, no se rechaza la hipótesis nula, según la cual el uso de sistemas digitales de planeamiento no depende del ámbito profesional. En consecuencia, puede afirmarse que no existen diferencias significativas entre el personal del Ejército de Tierra y el resto de encuestados en cuanto al empleo o formación en sistemas AMPS/JMPS. Desde un punto de vista doctrinal, este resultado pone de manifiesto que la digitalización del planeamiento avanza de manera similar en los distintos cuerpos, lo que refuerza la idea de una interoperabilidad creciente y de un marco común de procedimientos y herramientas.

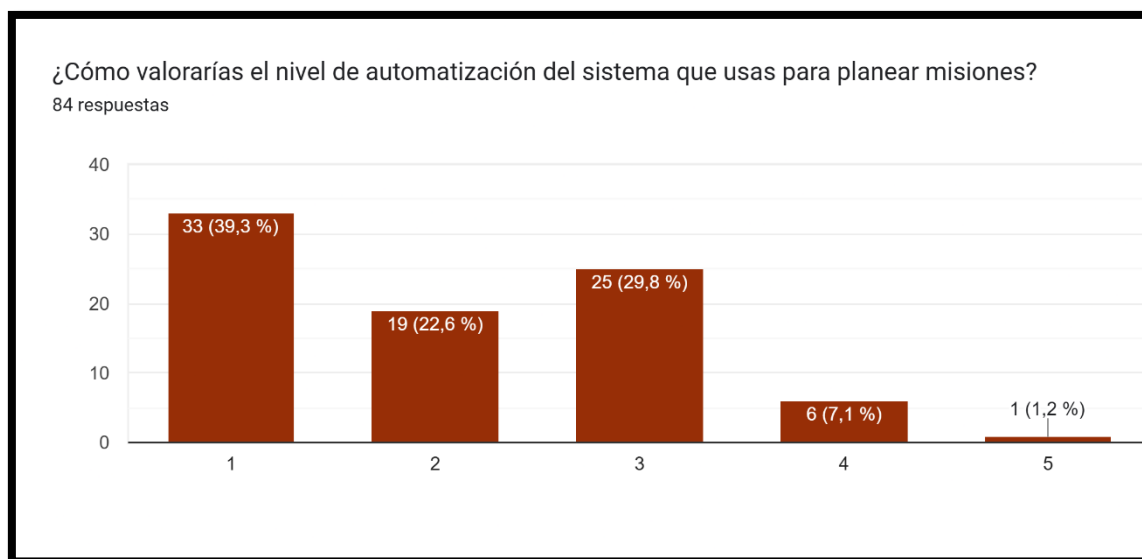


Ilustración 10. Pregunta 6 encuesta. Fuente: Elaboración propia.

- 1 = Nada automatizado | 5 = Totalmente automatizado

La ilustración 10 refleja una valoración mayoritariamente baja del nivel de automatización de los sistemas actualmente empleados para el planeamiento de misiones. Este patrón sugiere que, en la experiencia de la muestra, la automatización disponible es limitada y heterogénea, con márgenes de mejora en funciones de apoyo al planificador.

Para analizar si esta percepción varía por ámbitos, se compararon las medias entre Ejército de Tierra y resto de organismos mediante una prueba t de Student para muestras independientes. La prueba de Levene no evidenció diferencias de varianzas ($p = 0,139$), por lo que se asumió homocedasticidad. El contraste t dio un resultado significativo ($t = 3,295$; $gl = 82$; $p = 0,001$), con una diferencia media de 0,713 puntos (IC95 %: 0,283–1,143) a favor del Ejército de Tierra (media ET = 2,47; media resto = 1,76). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se concluye que el personal del ET percibe un mayor nivel de automatización que el resto.

Desde una perspectiva doctrinal, este hallazgo es coherente con la mayor implantación operativa de AMPS en unidades del Ejército de Tierra y, a la vez, pone de manifiesto una brecha tecnológica respecto a otros ámbitos que todavía operan con soluciones menos automatizadas. Este diferencial refuerza la necesidad de estandarizar capacidades y procedimientos si se aspira a un planeamiento verdaderamente interoperable en operaciones conjuntas.

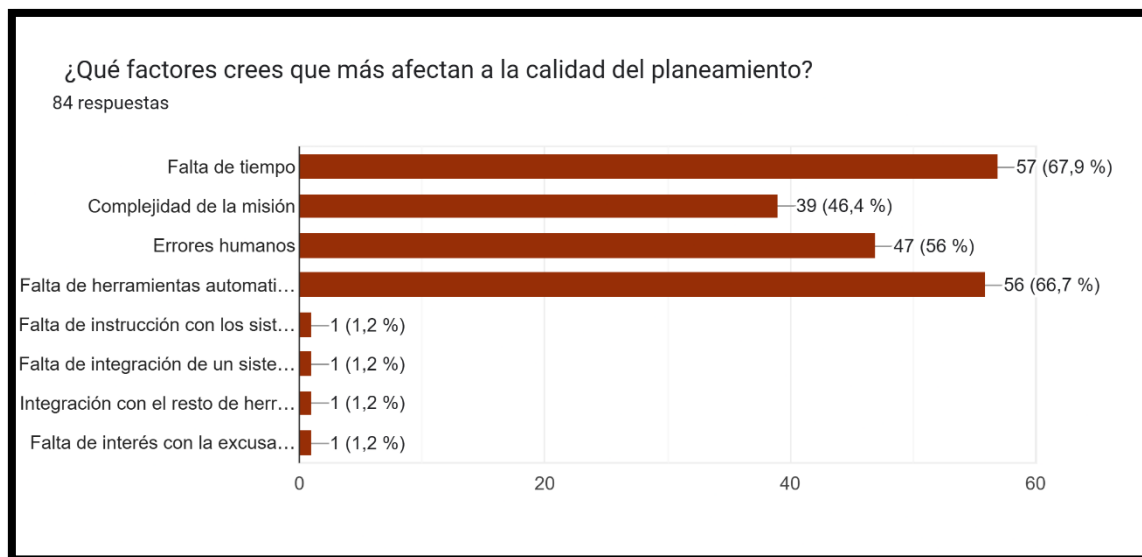


Ilustración 11. Pregunta 9 encuesta. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 11 recoge los resultados que muestran una clara concentración en las cuatro primeras opciones. Estos datos evidencian que las principales limitaciones percibidas en el proceso de planeamiento están directamente relacionadas con la presión temporal, la carga cognitiva y la disponibilidad tecnológica, tres elementos críticos en la eficacia operativa de las unidades aéreas.

Para determinar si la valoración de estos factores difiere entre el Ejército de Tierra y el resto de organismos, se aplicó un contraste de independencia chi-cuadrado a cada variable. Los resultados reflejan diferencias estadísticamente significativas en tres de los factores: complejidad de la misión ($p = 0,002$), errores humanos ($p = 0,035$) y falta de herramientas automatizadas ($p = 0,025$). En todos los casos, las diferencias apuntan a que el personal de otros ámbitos (Ejército del Aire, Armada o Guardia Civil) percibe estas limitaciones con mayor intensidad que el personal del Ejército de Tierra.

Este resultado puede interpretarse como una consecuencia directa del grado de implantación de sistemas de planeamiento digital. Mientras que en el Ejército de Tierra el uso de herramientas como AMPS es más habitual, lo que permite reducir la percepción de carencias en automatización o errores humanos, en otros cuerpos el planeamiento aún depende en gran medida de procedimientos manuales o de herramientas menos integradas. Desde una perspectiva doctrinal, este hallazgo pone de manifiesto que, aunque las limitaciones estructurales del planeamiento (tiempo y carga de trabajo) son comunes a todos los ámbitos, las limitaciones tecnológicas continúan generando diferencias en la eficiencia del proceso.

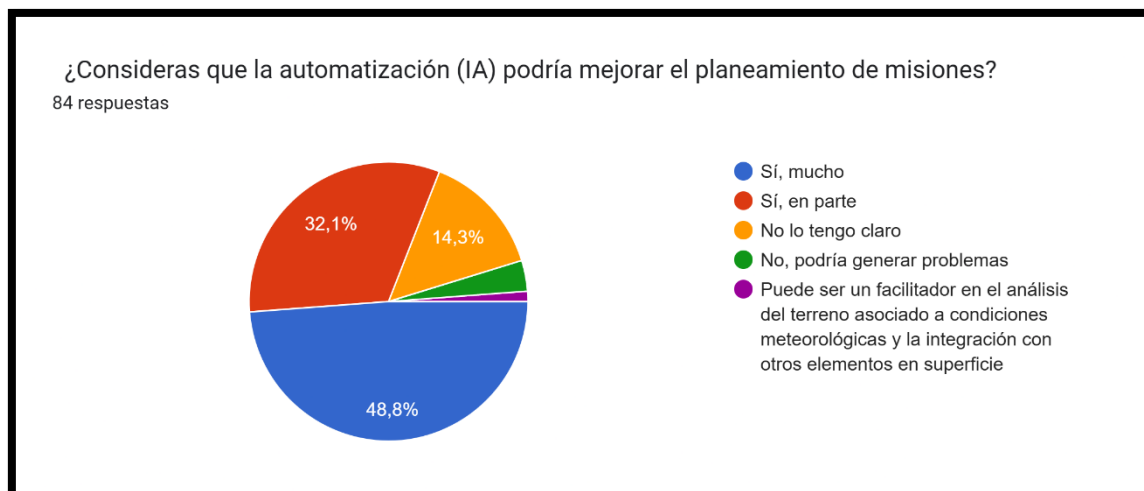


Ilustración 12. Pregunta 10 encuesta. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados, visibles en la ilustración 12, reflejan una opinión ampliamente favorable hacia la integración de inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento. Este reparto evidencia una tendencia clara hacia la aceptación de la IA como herramienta de apoyo operativo, percibida principalmente como un medio para optimizar la toma de decisiones, integrar variables meteorológicas y reducir la carga de trabajo en el planeamiento.

Con el objetivo de determinar si esta percepción difiere según el ámbito profesional, se aplicó un contraste de independencia chi-cuadrado de Pearson, el resultado ($\chi^2 = 0,032$; gl = 1; $p = 0,857$) indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el personal del Ejército de Tierra y los procedentes de otros cuerpos.

Esto implica que la valoración positiva de la IA es homogénea entre ámbitos, lo que sugiere una coincidencia doctrinal en la percepción de su utilidad. Tanto los encuestados del Ejército de Tierra como los del resto de organismos muestran una alta confianza en el potencial de la automatización para mejorar el planeamiento de misiones, interpretándola como un facilitador del análisis operativo y la interoperabilidad interinstitucional.

En consecuencia, se mantiene la hipótesis nula, según la cual la valoración de la IA no depende del ámbito profesional. Este resultado refuerza la idea de que la transformación digital y la adopción de la IA son comprendidas como una necesidad transversal dentro de las Fuerzas Armadas y Cuerpos de Seguridad, más allá de sus diferencias estructurales o misionales.

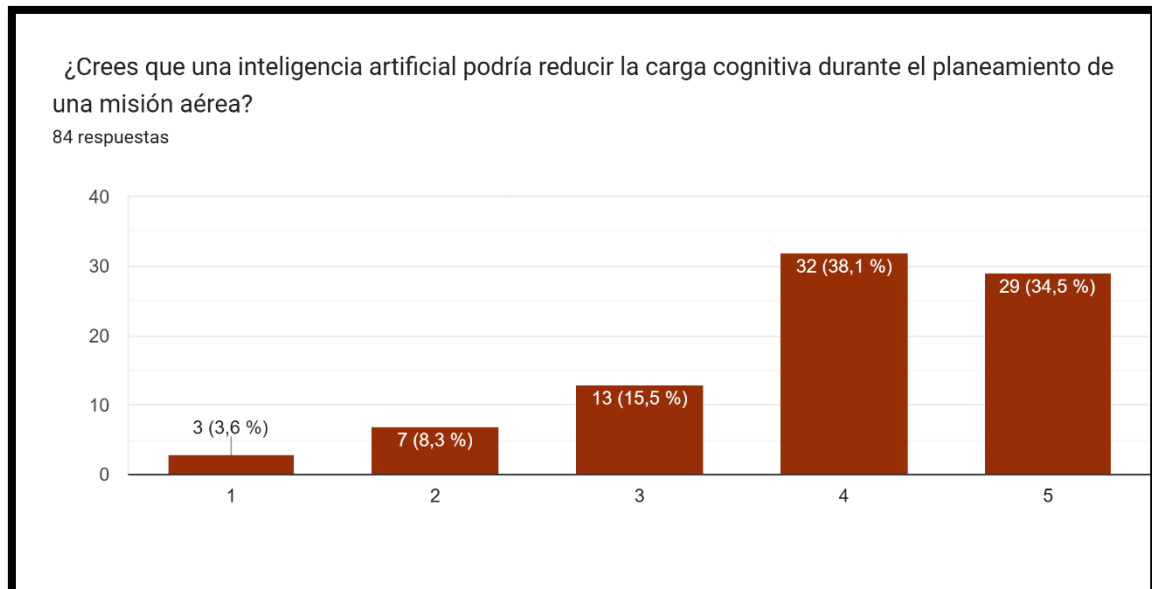


Ilustración 13. Pregunta 11 encuesta. Fuente: Elaboración propia.

- 1 = Nada de acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

La ilustración 13 muestra las respuestas con una distribución que evidencia una tendencia claramente positiva, indicando que la mayoría de los encuestados percibe la IA como un apoyo eficaz para optimizar los procesos mentales y de gestión de información asociados al planeamiento.

Con el fin de determinar si esta percepción difiere entre ámbitos, se aplicó nuevamente una prueba t de Student para muestras independientes. La prueba de Levene ($p = 0,418$) mostró igualdad de varianzas, por lo que se asumió homocedasticidad. El contraste t no resultó significativo ($t = -0,778$; $gl = 82$; $p = 0,434$), al no existir diferencias apreciables entre el Ejército de Tierra (media = 3,82) y el resto de ámbitos (media = 4,00). En consecuencia, se mantiene la hipótesis nula de igualdad de medias.

Este resultado es especialmente relevante: pese a las diferencias tecnológicas detectadas en el nivel de automatización (pregunta 6), todas las ramas y organismos coinciden en reconocer el potencial de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo al planeamiento. Este consenso refleja una visión compartida de futuro y una actitud favorable hacia la integración de soluciones inteligentes que faciliten la toma de decisiones, reduzcan la carga cognitiva del piloto y mejoren la eficacia operativa en entornos complejos o con elevada densidad de información.

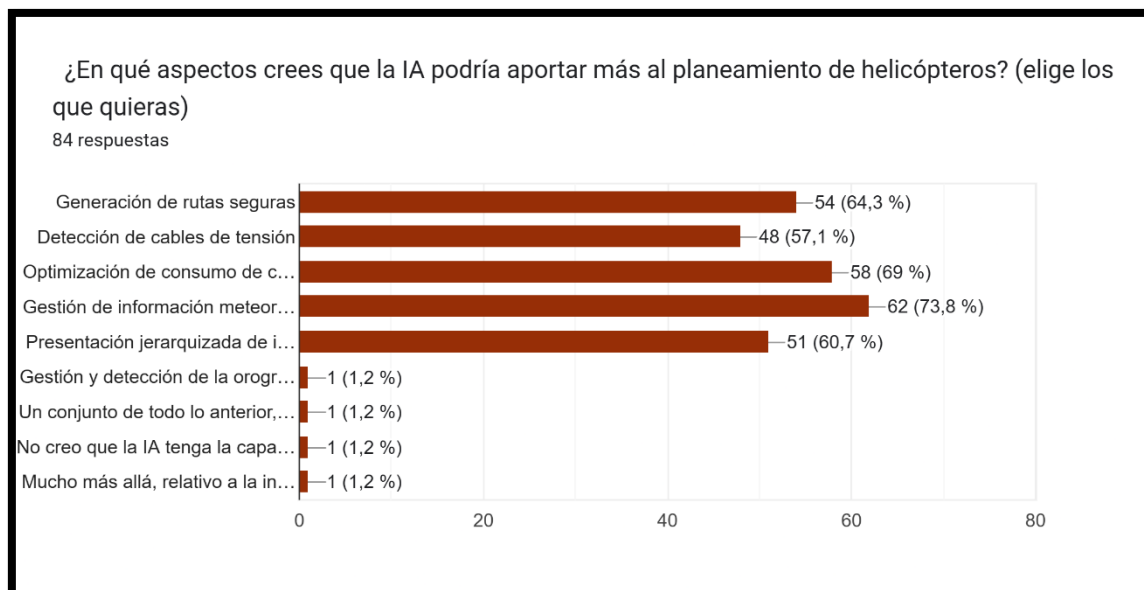


Ilustración 14. Pregunta 12 encuesta. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 14 presenta datos que reflejan una coincidencia generalizada en torno a las cinco primeras opciones. Estos porcentajes ponen de manifiesto una visión común del potencial de la IA como facilitador del análisis operativo, especialmente en aquellas tareas que exigen procesar grandes volúmenes de datos y ofrecer soluciones en tiempo reducido.

Con el objetivo de verificar si existían diferencias entre los encuestados del Ejército de Tierra y los de otros ámbitos, se aplicó el contraste de independencia chi-cuadrado a cada una de las categorías. Los resultados muestran que no se detectan diferencias significativas en ninguna de ellas (todas las $p > 0,05$), lo que indica que la valoración del papel de la IA es homogénea entre ámbitos. En otras palabras, tanto los miembros del Ejército de Tierra como los de otras instituciones comparten una percepción positiva y convergente sobre las áreas en las que la inteligencia artificial puede mejorar el planeamiento.

La coincidencia entre los diferentes cuerpos refleja una madurez conceptual en la comprensión del potencial de la IA, no como sustituto del criterio humano, sino como herramienta de apoyo a la decisión y optimizador de la carga cognitiva. Asimismo, la priorización de funciones como la gestión meteorológica o la generación de rutas seguras sugiere una orientación práctica y operativa hacia aquellas capacidades que podrían integrarse en el sistema AMPS para incrementar la seguridad y la eficiencia de las misiones.

5. ANÁLISIS DE MEDIDAS MEDIANTE METODOLOGÍA AHP

“El mayor problema de la humanidad es que tenemos emociones del Paleolítico, instituciones medievales y tecnología divina.”
(Wilson, 2009)

En este apartado se muestra en primer lugar, una descripción y usos del método AHP. A continuación, se procede a la aplicación y desarrollo de esta metodología para las alternativas propuestas. Finalmente, se obtienen unos resultados en base a los criterios y los objetivos establecidos en este trabajo.

5.1. Descripción del método AHP



El Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) es una técnica de decisión multicriterio desarrollada por Thomas L. Saaty en los años setenta. Su objetivo principal es estructurar problemas complejos en diferentes niveles jerárquicos y permitir la comparación entre alternativas en función de múltiples criterios, tanto cuantitativos como cualitativos.

La esencia del método radica en descomponer el problema de decisión en una jerarquía formada por tres niveles:

1. Objetivo general: la meta última que se persigue (en este caso, valorar la implementación de inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento de misión).
2. Criterios y subcriterios: los factores que influyen en la decisión, como por ejemplo la seguridad de vuelo, la reducción de la carga de trabajo del piloto, la interoperabilidad con otros sistemas o el coste.
3. Alternativas: las posibles opciones a evaluar, que serán comparadas entre sí en función de los criterios establecidos.

El AHP utiliza la comparación por pares (*pairwise comparison*), donde los criterios se enfrentan dos a dos para determinar su importancia relativa mediante la escala fundamental de Saaty, que asigna valores entre 1 (igual importancia) y 9 (importancia extrema de un elemento sobre otro). A partir de estas comparaciones, se construyen matrices que permiten calcular el peso relativo de cada criterio.

Una de las ventajas más destacadas del AHP es que integra de manera coherente juicios de expertos y datos objetivos, lo cual lo convierte en una herramienta especialmente útil donde la toma de decisiones suele estar marcada por la incertidumbre y la necesidad de equilibrar múltiples factores. Además, el método permite comprobar la consistencia de los juicios emitidos mediante el cálculo del índice de consistencia (CI) y la razón de consistencia (RI), garantizando la validez de los resultados.

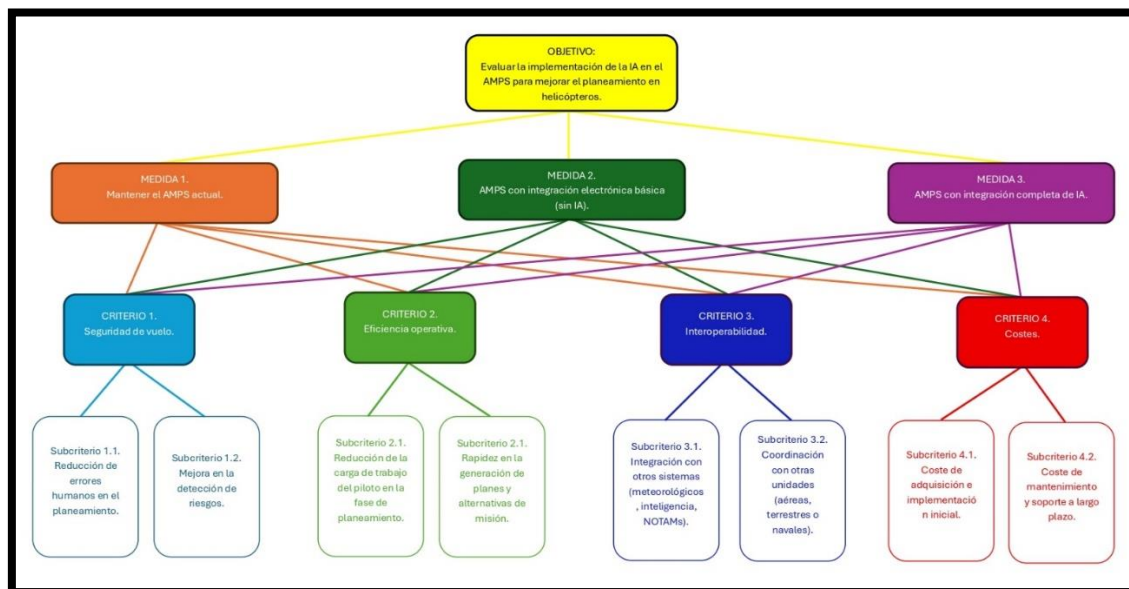


Ilustración 15. Diagrama conceptual del método AHP. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se construye un modelo jerárquico, en el cual se integran todos los aspectos y elementos del problema que se está analizando, ordenándolos por niveles y estableciendo el objetivo principal, así como las medidas y criterios en los que se basan para lograrlo (ilustración 15).

Por otro lado, una vez finalizada la fase de diseño de la jerarquía, se puede proceder a una segunda etapa, que corresponde a la evaluación matemática. La base principal del AHP son las



comparaciones pareadas, donde se hace uso de una escala de valoración (escala de Saaty, tabla 4) para calificar las preferencias de ambos elementos. Esto se hace a través de comparaciones pareadas en matrices y, tras ello, se puede calcular la prioridad o superioridad de cada elemento analizado.

Para finalizar, una vez establecidas las prioridades a través de las comparaciones se llega a la elección de la alternativa más adecuada. No obstante, ha de tenerse en cuenta el grado de consistencia de los juicios proporcionados, ya que, si éste fuera inaceptable, el decisor debería reconsiderar y modificar sus juicios antes de continuar con el análisis.

Tabla 3. Escala fundamental de Saaty. Fuente: Traducida de Saaty (1987), p. 163.

Intensidad de importancia en una escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo.
3	Importancia moderada de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre otra.
5	Importancia fuerte de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre otra.
7	Importancia muy fuerte de uno sobre otro	Se favorece fuertemente una actividad y se demuestra su dominio en la práctica.
9	Máxima importancia de uno respecto al otro	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del orden más alto posible de afirmación.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre los dos juicios adyacentes	

5.2. Aplicación del método AHP

Una vez definida la estructura jerárquica del problema mediante la identificación de medidas, criterios y subcriterios, se procede a la aplicación del método AHP. Esta técnica permitirá priorizar los factores de decisión y establecer de manera objetiva qué alternativa resulta más adecuada en el contexto del planeamiento de misión con el sistema AMPS.

El procedimiento comienza con la comparación por pares de los criterios y subcriterios utilizando la escala fundamental de Saaty, con el fin de asignar un peso relativo a cada uno de ellos. Posteriormente, estas ponderaciones se aplican sobre las medidas propuestas (mantener el AMPS sin IA frente a incorporar un módulo de IA), de modo que se pueda calcular cuál de las dos ofrece mayores beneficios en términos de seguridad, eficiencia e interoperabilidad.

De esta manera, el método AHP no solo aporta un marco estructurado para la toma de decisiones, sino que también garantiza la coherencia de los juicios emitidos y facilita un análisis transparente y replicable. Así, el modelo permitirá determinar en qué medida la incorporación de



inteligencia artificial al AMPS puede mejorar la seguridad de vuelo, reducir la carga de trabajo de los pilotos y favorecer la interoperabilidad con otros sistemas y unidades.

ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Medida 1: AMPS sin IA

Esta alternativa se corresponde con la situación actual de las FAMET, en la que el AMPS no se emplea como herramienta principal de planeamiento de misión. El sistema permite integrar la información previamente preparada sobre navegación, meteorología, inteligencia y prestaciones de la aeronave en un único entorno. Sin embargo, su funcionamiento continúa siendo eminentemente manual: el piloto o el planificador debe recopilar, introducir y validar todos los datos, asumiendo una elevada carga de trabajo y estando sujeto a limitaciones de tiempo. Esta opción representa mantener el estado actual, que el piloto vaya con su tableta correspondiente y pueda ir mirando el planeamiento realizado. De este modo, el AMPS actual actúa como una plataforma de gestión y almacenamiento de información, pero no ofrece apoyo automatizado en la generación de rutas ni en la toma de decisiones.

Medida 2: AMPS con integración electrónica básica (sin IA)

Esta alternativa plantea una evolución respecto al sistema actual mediante la incorporación de soluciones electrónicas de apoyo ya presentes en algunas unidades de helicópteros, como el uso de tabletas y aplicaciones civiles (por ejemplo, SkyDemon²⁹ o ATAK³⁰). En este caso, el AMPS se complementaría con una interfaz que permitiera visualizar en tiempo real la ruta previamente planificada por el piloto, así como recibir avisos básicos al entrar en áreas restringidas o afectadas por NOTAM. El planeamiento de misión seguiría siendo elaborado de forma manual por el piloto o planificador, que introduciría los datos de navegación, meteorología e inteligencia. La aportación de esta alternativa radica en la posibilidad de consultar de manera más intuitiva y dinámica la información, mejorando la conciencia situacional durante la misión. No obstante, no existiría automatización en la generación de rutas ni en la integración avanzada de datos, ya que el proceso de análisis y decisión continuaría dependiendo íntegramente del factor humano.

Medida 3: AMPS con IA

La tercera alternativa propone una transformación integral del sistema de planeamiento mediante la incorporación de un módulo de inteligencia artificial plenamente integrado en el AMPS. En este escenario, el sistema dejaría de ser una herramienta pasiva de almacenamiento y consulta de datos para convertirse en un asistente activo de apoyo a la decisión. El módulo de IA sería capaz de recopilar automáticamente información procedente de múltiples fuentes (meteorología de organismos oficiales, cartografía digital, bases de datos de inteligencia, NOTAMs, prestaciones de la aeronave) y procesarla en tiempo real. A partir de esta integración, generaría diferentes rutas de vuelo optimizadas en función de criterios como la seguridad, la eficiencia operativa o la interoperabilidad, presentando varias opciones al piloto para su selección final. Esta alternativa equivaldría a una versión militarizada y avanzada de aplicaciones civiles

²⁹ SkyDemon: aplicación de navegación aérea ampliamente utilizada en el ámbito civil. Permite planificar vuelos, visualizar rutas en cartografía digital, consultar NOTAMs y datos meteorológicos, y ofrece alertas básicas durante la navegación (ilustración 16).

³⁰ ATAK (Android Tactical Assault Kit): aplicación de origen militar desarrollada inicialmente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Proporciona funciones avanzadas de geolocalización, cartografía y coordinación táctica, y se ha adaptado también para su uso en entornos civiles y de seguridad (ilustración 15).

de navegación como SkyDemon, pero con capacidad de análisis predictivo y automatización. La IA reduciría de forma notable la carga de trabajo del piloto en la fase de planeamiento, mejoraría la detección de riesgos y aumentaría la flexibilidad para reaccionar ante cambios en el entorno operativo, lo que supondría un salto cualitativo respecto al sistema actual.



Ilustración 16. Menú principal ATAK. Fuente: Google Play Store.



Ilustración 17. Navigating with SkyDemon. Fuente: Página oficial SkyDemon.

CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

Criterio 1: Seguridad de vuelo

La seguridad constituye el criterio fundamental en cualquier operación aérea y, en particular, en aquellas desarrolladas por unidades de helicópteros. El planeamiento de misión no es únicamente una cuestión de eficacia operativa, sino un factor crítico para garantizar la supervivencia de la tripulación y el éxito de la operación. Una planificación inadecuada puede traducirse en trayectorias de vuelo peligrosas, exposición innecesaria a amenazas, consumo excesivo de combustible o incluso en accidentes. En este sentido, la incorporación de inteligencia artificial en el AMPS podría suponer una mejora significativa al permitir detectar riesgos de manera anticipada y reducir la probabilidad de error humano en fases críticas del planeamiento.

Subcriterio 1.1 Reducción de errores humanos: Los errores en el planeamiento suelen derivar de la elevada carga cognitiva a la que están sometidos los pilotos, especialmente en escenarios con limitaciones de tiempo y abundancia de datos. Al automatizar cálculos complejos (como estimaciones de consumo de combustible, tiempos de vuelo o márgenes de seguridad



frente a amenazas), la IA puede actuar como un filtro que disminuya los fallos derivados de la fatiga, el estrés o la presión operativa. Esto permitiría aumentar la confianza en los planes generados, ofreciendo productos más consistentes y fiables.

Subcriterio 1.2 Detección de riesgos: Más allá de evitar errores, la IA ofrece la capacidad de analizar en tiempo real información procedente de fuentes meteorológicas, cartográficas o de inteligencia. Con ello, se pueden identificar amenazas como fenómenos meteorológicos adversos, presencia de líneas de alta tensión o áreas de riesgo táctico. Un sistema de este tipo no solo anticipa posibles peligros, sino que también puede generar rutas alternativas en función de la evolución de la situación, contribuyendo a que la seguridad sea un elemento dinámico y adaptativo en el planeamiento.

Criterio 2: Eficiencia operativa

La eficiencia en el planeamiento de misión se mide por la rapidez y calidad con la que se generan los productos operativos necesarios para el vuelo. En las FAMET, los tiempos disponibles para preparar una misión suelen ser reducidos, lo que obliga a los pilotos a priorizar entre diferentes tareas. Cualquier herramienta que permita optimizar este proceso no solo libera recursos cognitivos, sino que también facilita que la tripulación pueda dedicar más tiempo a la preparación táctica y a la coordinación con otras unidades. En este contexto, la IA se presenta como un multiplicador de la eficiencia al reducir la carga de trabajo manual y acortar los plazos de elaboración del plan.

Subcriterio 2.1 Reducción de la carga de trabajo: En la actualidad, los pilotos deben recopilar de manera manual datos de meteorología, NOTAMs, prestaciones de la aeronave, lo que supone un proceso largo y propenso a olvidos. Con un módulo de IA integrado en el AMPS, gran parte de esa información podría volcarse automáticamente en el sistema, presentándose de forma clara y priorizada para su validación. Esto permitiría que el piloto concentrara su esfuerzo en la toma de decisiones tácticas, que es donde su criterio humano resulta insustituible.

Subcriterio 2.2 Rapidez en la generación de planes: La IA puede acelerar el proceso de planeamiento mediante algoritmos capaces de combinar múltiples variables y proponer en segundos diferentes alternativas de ruta. Esto supone una ventaja crítica en operaciones donde el tiempo de reacción es limitado, como evacuaciones médicas de urgencia o inserciones en entornos hostiles. Además, en situaciones de cambios imprevistos durante la misión, un sistema de este tipo podría actualizar automáticamente los planes, proporcionando a la tripulación opciones válidas en un margen temporal mínimo, siempre y cuando estuviese integrado en la aeronave.

Criterio 3: Interoperabilidad

Las operaciones aéreas modernas rara vez se realizan de forma aislada. El planeamiento de misión implica coordinarse con sistemas meteorológicos, de inteligencia, logísticos y, sobre todo, con otras unidades aéreas, terrestres y navales. La interoperabilidad, por tanto, se convierte en un criterio esencial para garantizar que el esfuerzo conjunto se materialice en operaciones eficaces y coordinadas. Los sistemas de planeamiento actuales, aunque han avanzado en integración, todavía presentan limitaciones a la hora de compartir información en tiempo real y de manera estandarizada. La IA podría desempeñar un papel decisivo en este ámbito, actuando como integrador de múltiples fuentes de datos y facilitando la creación de planes compatibles entre diferentes plataformas.

Subcriterio 3.1 Integración con otros sistemas: El AMPS debe interactuar con múltiples aplicaciones: cartografía digital, sistemas meteorológicos, bases de datos de inteligencia y plataformas logísticas. Una IA bien diseñada podría gestionar esta integración, reduciendo duplicidades en la introducción de datos y asegurando la coherencia de la información empleada en el planeamiento. Esto no solo ahorra tiempo, sino que aumenta la fiabilidad del plan generado.



Subcriterio 3.2 Coordinación con otras unidades: En operaciones conjuntas o multinacionales, la capacidad de compartir y actualizar planes en tiempo real es fundamental. La IA podría contribuir a generar productos de planeamiento (en este caso únicamente rutas) que respeten los estándares establecidos por la OTAN y que se adapten automáticamente a los requisitos de interoperabilidad. De esta forma, se facilita la coordinación con fuerzas de tierra, mar o aire, aumentando la cohesión operativa y reduciendo el riesgo de errores derivados de incompatibilidades entre sistemas.

Criterio 4: Coste de implementación y mantenimiento

En un contexto donde los recursos económicos de Defensa son limitados, el análisis de los costes asociados a nuevas tecnologías resulta esencial. La incorporación de soluciones electrónicas o de inteligencia artificial al AMPS no solo implica una inversión inicial en equipos y software, sino también unos gastos recurrentes de mantenimiento, formación y actualización. Evaluar correctamente este criterio permite valorar la viabilidad real de cada alternativa y priorizar aquellas que logren un equilibrio adecuado entre beneficio operativo y sostenibilidad económica.

Subcriterio 4.1 Coste de adquisición e implementación inicial: Este subcriterio se refiere a la inversión necesaria para poner en marcha la alternativa propuesta. Incluye la compra de hardware (tabletas, servidores, sensores), licencias de software, adaptación de sistemas existentes e integración en las aeronaves. Las diferencias entre las alternativas pueden ser notables: mientras que mantener el sistema actual no conlleva un gasto significativo, la integración básica de *tablets* supondría una inversión moderada, y la implementación de un módulo de IA completo implicaría un coste elevado debido a su complejidad tecnológica.

Subcriterio 4.2 Coste de mantenimiento y soporte a largo plazo: Más allá de la inversión inicial, cualquier sistema requiere un sostenimiento continuo. Este subcriterio contempla los gastos derivados de actualizaciones periódicas de software, mantenimiento del hardware, soporte técnico especializado y formación recurrente del personal. Además de añadir el coste del seguro para En el caso de soluciones basadas en IA, la necesidad de mantener bases de datos actualizadas y algoritmos entrenados puede suponer un incremento adicional frente a opciones más simples. Evaluar este aspecto es clave para determinar la sostenibilidad del sistema en el tiempo y su impacto en los presupuestos de Defensa.

Una vez establecido el modelo jerárquico del problema (ilustración 18), se pasa a analizar los criterios y alternativas mediante comparaciones pareadas como se ha explicado. Posteriormente, una vez realizadas todas las comparaciones, éstas se recogen en las matrices de comparación, las cuales se construyen utilizando la escala numérica de Saaty. De estas matrices se obtiene la prioridad para cada alternativa en base a los criterios y subcriterios. Como se ha mencionado, se debe garantizar la consistencia de las comparaciones, por lo que la “Razón de Inconsistencia” (RI) ha de ser inferior a 0.1 para que los resultados tengan validez.

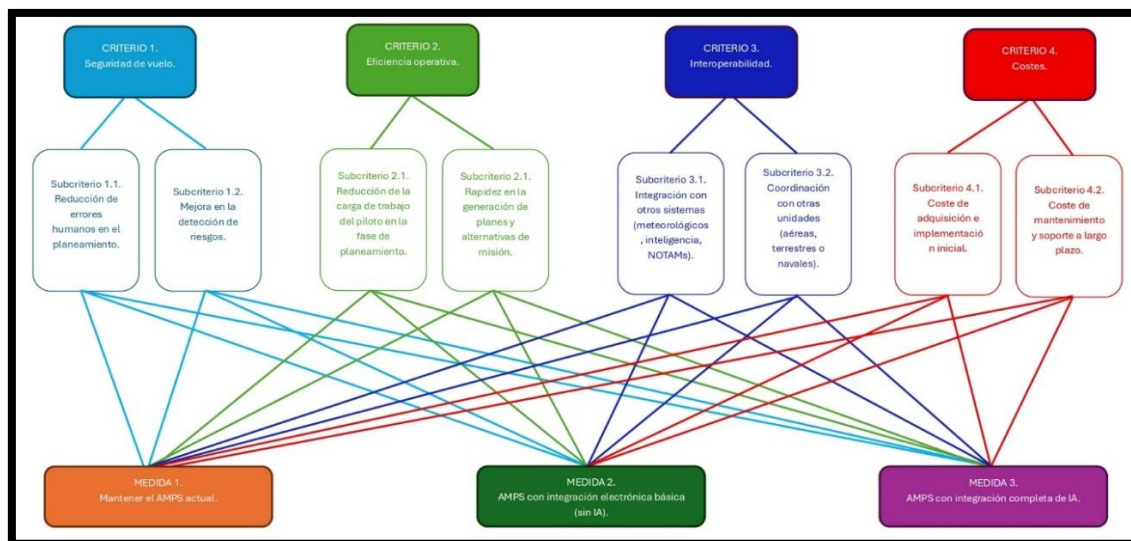


Ilustración 18. Árbol jerárquico del método AHP. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Resultados de la aplicación del método AHP

Una vez recibido el cuestionario completo por parte de los expertos, se procedió a la aplicación del método AHP mediante el software interno del Ejército de Tierra, AyudaDecision_AHP_net_4.0. A partir de las comparaciones por pares introducidas, el programa generó las ponderaciones relativas de cada criterio y subcriterio, así como la jerarquía final de alternativas. En el Anexo II se detallan los pasos seguidos en el proceso y las matrices utilizadas.

El análisis realizado permite extraer una visión clara y jerarquizada de las prioridades establecidas por los expertos en relación con la mejora del sistema de planeamiento AMPS. En términos generales, se aprecia, en la tabla 5, que la seguridad de vuelo se consolida como el criterio de mayor peso en la toma de decisiones, seguida por la eficiencia operativa, mientras que la interoperabilidad y los costes quedan relegados a un segundo plano. Esta distribución de pesos evidencia una orientación decididamente operativa: los expertos valoran ante todo la reducción del riesgo y la mejora de los procesos de planeamiento frente a los condicionantes económicos o logísticos.

Tabla 4. Resultados método AHP. Fuente: Elaboración propia.

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA
SEGURIDAD VUELO	0.61	0.06	0.19	0.75
+ Menos errores humano	0.87	0.06	0.19	0.75
+ Mejora detec. riesgo	0.13	0.06	0.19	0.75
EFICIENCIA OPERATIVA	0.21	0.06	0.19	0.75
+ Menos carga trabajo	0.90	0.06	0.19	0.75
+ Rapidez planeamiento	0.10	0.06	0.19	0.75
INTEROPERABILIDAD	0.07	0.14	0.29	0.57
+ Integración sistemas	0.75	0.14	0.29	0.57
+ Coordinación unidad	0.25	0.14	0.29	0.57
COSTES	0.11	0.75	0.19	0.06
+ Costes adquisición	0.17	0.75	0.19	0.06
+ Costes mantenimiento	0.83	0.75	0.19	0.06
		0.14	0.20	0.66



Dentro del ámbito de la seguridad, las comparaciones reflejan que la reducción de errores humanos constituye el aspecto más determinante. Los profesionales perciben que el empleo de sistemas inteligentes puede actuar como una barrera eficaz frente a los fallos derivados de la fatiga, la carga cognitiva o la presión temporal. Este enfoque coincide con las tendencias doctrinales actuales en aviación militar, donde se reconoce la automatización como un elemento clave para reforzar la seguridad operacional sin sustituir el juicio del piloto.

En el plano de la eficiencia operativa, la rapidez en el planeamiento destaca sobre la reducción de la carga de trabajo, lo que sugiere que los usuarios valoran principalmente la capacidad del sistema para generar y actualizar planes de vuelo en plazos mínimos. Esta visión resulta coherente con las exigencias de las operaciones reales, donde la disponibilidad de información inmediata y fiable puede marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso de una misión.

En relación con la interoperabilidad, los resultados apuntan a una clara preferencia por la integración con otros sistemas, en detrimento de la mera coordinación con unidades. Ello pone de manifiesto que los expertos conciben el planeamiento moderno como un proceso interconectado, en el que la integración de datos meteorológicos, de inteligencia y logísticos en tiempo real es más valiosa que la comunicación entre estructuras aisladas.

Por último, en el criterio de costes, el mantenimiento y soporte técnico se considera más relevante que el coste inicial de adquisición. Esta valoración revela una mentalidad orientada a la sostenibilidad del sistema en el tiempo, priorizando soluciones tecnológicamente viables que no comprometan la operatividad futura por su complejidad o dependencia de recursos externos.

En conjunto, los resultados obtenidos posicionan de manera destacada a la alternativa que incorpora inteligencia artificial en el AMPS, lo que sugiere que los expertos perciben su potencial para transformar el planeamiento de misión. Esta opción sobresale en los criterios de seguridad y eficiencia, que son precisamente los de mayor peso relativo, mientras que su desventaja en términos de coste no es suficiente para alterar la jerarquía final. En consecuencia, la integración de la IA se consolida como la medida más adecuada para optimizar la preparación de misiones, reduciendo errores, acortando plazos y facilitando la interoperabilidad con otros sistemas.

Finalmente, cabe señalar que los resultados del AHP reflejan la experiencia práctica de los expertos, todos ellos con conocimiento directo del funcionamiento del AMPS en entornos reales de operación. Ello confiere una base empírica sólida a los juicios emitidos y garantiza la coherencia entre los resultados y las necesidades operativas de las FAMET. En definitiva, el método AHP confirma la percepción de que la evolución del planeamiento de misión pasa necesariamente por la integración de herramientas inteligentes capaces de asistir al piloto sin sustituir su criterio, mejorando la seguridad, la rapidez y la eficacia global de las operaciones.

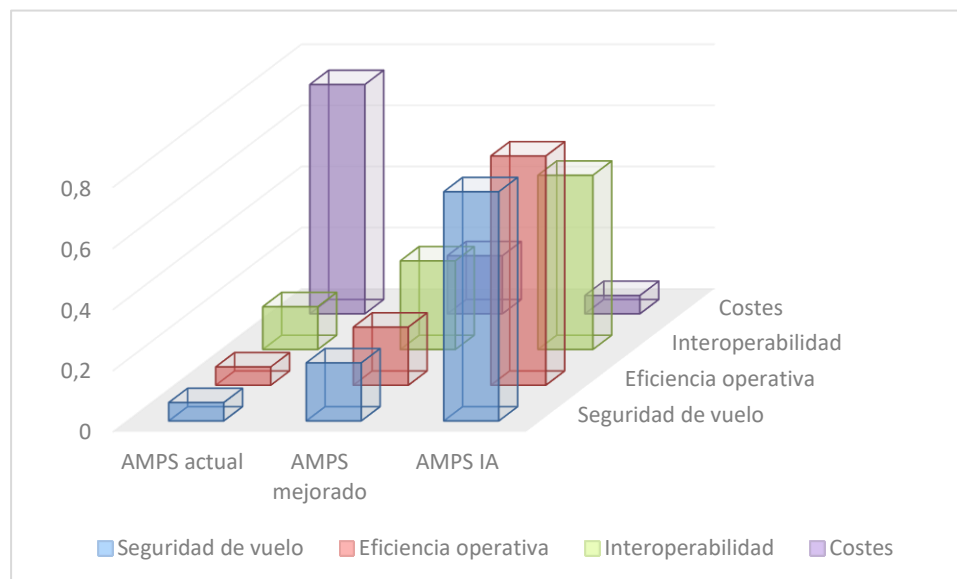


Ilustración 19. Gráfico comparativo visual de alternativas por criterios del AHP. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 19 muestra, de un vistazo, el patrón que ya sugiere la matriz de decisión: la alternativa AMPS-IA concentra los mayores valores en los criterios que más pesan (seguridad y eficiencia), mientras que AMPS actual sólo destaca en costes. Este contraste explica el resultado final del modelo: el liderazgo de la IA no se apoya en un único factor, sino en una dominancia sistemática en los criterios operativos clave. Por su parte, AMPS mejorado ocupa una posición intermedia: mejora visiblemente frente al sistema actual en interoperabilidad y eficiencia, pero no alcanza los niveles de seguridad ni de rapidez asociados a la IA. En términos de decisión, el gráfico refuerza la idea de que, cuando el peso de los criterios refleja la práctica operativa (seguridad y eficiencia como pilares), la penalización por coste no es suficiente para revertir la preferencia por la integración de IA.

Como se observa, la seguridad de vuelo constituye el principal factor que explica la diferencia de resultados, aportando la mayor contribución positiva a la alternativa con IA. Este resultado evidencia que la reducción de errores humanos y la mejora en la detección de riesgos son percibidos por los expertos como los beneficios más significativos que introduce la automatización inteligente en el planeamiento de misión. En segundo lugar, la eficiencia operativa también genera una contribución positiva relevante, reforzando la ventaja de la IA al agilizar los tiempos de preparación, reducir la carga de trabajo y permitir la generación automática de rutas y alternativas de vuelo. De este modo, ambos criterios (seguridad y eficiencia) conforman el núcleo operativo sobre el que se sustenta la superioridad del sistema con inteligencia artificial.

Por el contrario, el criterio de costes actúa como único elemento con impacto negativo, reflejando la penalización económica asociada a la implementación y mantenimiento de la IA. Sin embargo, su influencia resulta insuficiente para compensar las ventajas acumuladas en los criterios de mayor relevancia, lo que confirma que la decisión final del modelo es robusta y coherente con las prioridades operativas establecidas.

En conjunto, el análisis diferencial demuestra que la superioridad de la alternativa AMPS-IA no se debe a un único factor aislado, sino a una suma de ventajas estructurales en los ámbitos de seguridad, eficiencia e interoperabilidad. Este resultado explica de forma clara y cuantificable el motivo por el cual la IA se consolida como la opción óptima, incluso cuando se introducen penalizaciones económicas en el modelo.

Desde el punto de vista metodológico, los resultados del AHP muestran un grado de consistencia satisfactorio ($RI < 0,1$), lo que valida la coherencia interna de los juicios emitidos por



los expertos. Asimismo, la distribución final de pesos y alternativas confirma la estabilidad del modelo incluso ante posibles variaciones de criterio, reforzando la fiabilidad del proceso de decisión aplicado.

6. ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN

El presente capítulo responde a una iniciativa personal surgida a raíz de las orientaciones del tutor militar. Su propósito es explorar de forma aplicada la posible implementación práctica de la inteligencia artificial en el proceso de planeamiento de misión, a través de un experimento comparativo con distintos modelos de IA disponibles actualmente en el mercado.

La finalidad de esta propuesta es analizar cómo diferentes inteligencias artificiales responden ante escenarios reales de planeamiento aeronáutico, valorando su capacidad para procesar datos meteorológicos, cartográficos y operativos, así como para generar rutas de vuelo alternativas que se aproximen a la lógica decisional de un piloto. Para ello, se someterán a prueba varios modelos mediante un conjunto estructurado de preguntas y supuestos tácticos, que incluirán variables críticas del planeamiento como la meteorología, la presencia de obstáculos (por ejemplo, líneas de alta tensión), el riesgo aviar, el consumo de combustible o la carga total de la aeronave.

Previamente, se realizará una breve revisión técnica de los lenguajes y arquitecturas que sustentan estas inteligencias artificiales, con el fin de comprender por qué cada una puede ofrecer un rendimiento diferente ante el mismo estímulo o tipo de dato. Este análisis servirá para establecer criterios objetivos de evaluación, basados en la coherencia, precisión y aplicabilidad de las respuestas ofrecidas por los distintos modelos. Las fases llevadas a cabo en este análisis están en el Anexo VII.

En definitiva, este apartado busca determinar qué tipo de inteligencia artificial y qué lenguaje o arquitectura resultan más adecuados para asistir al piloto en la fase de planeamiento de misión, identificando las limitaciones actuales y las potenciales líneas de desarrollo futuro que podrían integrarse, en un horizonte institucional, en los sistemas de planeamiento automatizado del Ejército de Tierra.

6.1. Metodología comparativa y desarrollo del experimento

Para materializar esta propuesta, se ha diseñado una prueba comparativa orientada a observar el comportamiento de distintos modelos de inteligencia artificial frente a un mismo escenario de planeamiento de misión. El procedimiento consiste en formular a cada sistema, ChatGPT, Copilot y Gemini, una serie de preguntas operativas basadas en situaciones reales de vuelo, incluyendo mapas e imágenes con posibles rutas, condiciones meteorológicas y limitaciones del terreno.

El objetivo no es evaluar su rendimiento técnico, sino valorar la coherencia y el realismo táctico de las respuestas en relación con los criterios que un piloto aplicaría durante el planeamiento: seguridad de la ruta, consumo de combustible, meteorología, obstáculos, riesgo aviar o eficiencia temporal.

Las pruebas se realizan manteniendo una estructura homogénea de preguntas, de modo que los resultados sean comparables entre modelos. El detalle completo del guion, junto con ejemplos de respuestas y análisis complementarios, se incluye en el Anexo VIII.

6.2. Valoración y conclusiones del experimento

El presente apartado recoge el análisis de los resultados obtenidos tras la aplicación de las seis fases metodológicas descritas anteriormente. A través de ellas se ha evaluado el comportamiento de distintos modelos de inteligencia artificial frente a escenarios de



planeamiento de misión, con el objetivo de determinar su grado de coherencia operativa y su potencial de aplicación en entornos reales.

En los Anexos VIII y IX se podrán observar las preguntas realizadas, las respuestas y el análisis hecho para cada inteligencia artificial.

Los resultados evidencian diferencias claras en la forma en que cada modelo interpreta y aplica los criterios tácticos de un piloto. ChatGPT mostró el comportamiento más equilibrado, con respuestas coherentes, argumentadas y aplicables al contexto real de vuelo. Destacó especialmente en la identificación de riesgos, la priorización de la seguridad y la integración de factores meteorológicos y orográficos. Gemini ofreció un razonamiento ordenado y técnicamente correcto, aunque con una tendencia a la descripción teórica, lo que redujo su aplicabilidad práctica. Finalmente, Copilot presentó limitaciones importantes: su dependencia de fuentes no verificadas y su falta de precisión táctica lo hacen menos útil para entornos operativos reales.

De forma global, las puntuaciones obtenidas reflejan una media superior en coherencia táctica y realismo operativo para ChatGPT, seguido de Gemini y, a cierta distancia, Copilot. Ningún modelo alcanzó un nivel completamente satisfactorio en la integración automática de datos meteorológicos o cartográficos, lo que confirma que ninguna de las IA evaluadas dispone aún de acceso operativo directo a fuentes certificadas como AEMET OpenData. Esta limitación técnica reduce su fiabilidad en entornos donde la información meteorológica actualizada es crítica para la seguridad del vuelo.

Desde el punto de vista del planeamiento militar, el experimento demuestra que las inteligencias artificiales actuales pueden asistir eficazmente en la fase de preparación y análisis, especialmente en la organización de la información, generación de alternativas y apoyo a la toma de decisiones. Sin embargo, su empleo operativo directo sigue condicionado por la falta de conectividad con bases de datos oficiales, la ausencia de validación táctica y la necesidad de supervisión humana constante.

En conclusión, la comparación entre modelos confirma que la implementación de IA en sistemas de planeamiento como el AMPS es viable, pero exige un desarrollo específico adaptado al entorno militar, con acceso seguro a fuentes de datos reales y capacidad para procesar información visual y meteorológica en tiempo real. Este trabajo evidencia que la IA más avanzada puede reproducir parcialmente el razonamiento de un piloto, aunque todavía depende de la intervención humana para garantizar la precisión y la seguridad de las decisiones finales.

7. CONCLUSIONES

El presente Trabajo Fin de Grado ha permitido realizar un análisis exhaustivo sobre la posible implementación de la inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento de misión del Ejército de Tierra, y más concretamente en el AMPS utilizado por las FAMET. A lo largo de la investigación, se ha comprobado que la IA no solo representa una herramienta tecnológica de vanguardia, sino una capacidad estratégica que, bien integrada, podría transformar de forma profunda la manera en que se planifican, coordinan y ejecutan las operaciones aéreas. En este sentido, la revisión bibliográfica, el estudio de sistemas comerciales como el *Mission Planning System* (MPS) de Leonardo, la encuesta al personal de vuelo de los tres ejércitos y las entrevistas con expertos, han permitido identificar tanto las limitaciones actuales del sistema como las oportunidades que ofrece la digitalización inteligente en el contexto operativo de las FAMET.

El estudio ha demostrado que el planeamiento de misión continúa siendo una fase altamente demandante en términos de carga cognitiva y tiempo para las tripulaciones. Pese a los avances introducidos en el AMPS, el proceso sigue requiriendo una supervisión humana constante, con una fuerte dependencia de la experiencia individual y de la interpretación manual de grandes volúmenes de información cartográfica, meteorológica y táctica. La encuesta realizada puso de manifiesto que más del 80 % de los encuestados considera que una IA aplicada al planeamiento



podría reducir significativamente esa carga cognitiva y optimizar la toma de decisiones, siempre que su función se mantenga como asistente y no como sustituto del criterio humano. Esta tendencia se ve reforzada por las entrevistas realizadas, en las que tanto personal militar como ingenieros de sistemas coincidieron en que la clave no reside en delegar decisiones críticas a una máquina, sino en dotar al operador humano de una herramienta capaz de procesar, sintetizar y presentar la información de manera más eficiente y segura.

Asimismo, se ha evidenciado que la integración de sistemas inteligentes podría aportar mejoras notables en la interoperabilidad, el tratamiento de datos meteorológicos y el análisis de riesgos de misión. La IA permitiría cruzar información en tiempo real procedente de fuentes abiertas (Open Data de AEMET, NOTAM, inteligencia geoespacial, etc.), realizar predicciones meteorológicas basadas en aprendizaje histórico y ofrecer alternativas de ruta optimizadas según distintos criterios tácticos: seguridad, eficiencia temporal, exposición al enemigo o consumo de combustible. Este planteamiento coincide con la evolución tecnológica de los sistemas de planeamiento que Leonardo presenta en su *Mission Planning and Support Suite*, donde el modularidad, la conectividad y el análisis predictivo son ya pilares esenciales para la superioridad operativa.

Las entrevistas realizadas a operadores AMPS, pilotos de las FAMET y personal de INDRA aportaron una visión especialmente valiosa. Entre sus aportaciones, destacó la percepción unánime de que el sistema AMPS, pese a su fiabilidad, adolece de una falta de automatización en tareas repetitivas, lo que deriva en un consumo elevado de tiempo previo al vuelo. También subrayaron que los sistemas del NH90 y el Tigre presentan diferentes niveles de integración tecnológica con respecto al Chinook, siendo el primero un ejemplo de planeamiento moderno y el segundo un sistema más dependiente del factor humano. En consecuencia, la futura IA debería diseñarse con la flexibilidad suficiente para adaptarse a distintos modelos de aeronaves y configuraciones de misión.

Por otro lado, los resultados de las entrevistas revelaron una actitud favorable, aunque prudente, hacia la incorporación de IA en entornos críticos. Todos los entrevistados coincidieron en la necesidad de garantizar la ciberseguridad, la trazabilidad de las decisiones automatizadas y la transparencia en los algoritmos empleados.

En definitiva, el análisis realizado demuestra que la implementación de la inteligencia artificial en los sistemas de planeamiento de misión es no solo viable, sino necesaria para garantizar la eficiencia operativa y la seguridad de las tripulaciones. No obstante, su desarrollo debe estar guiado por criterios de ética, transparencia y control, asegurando siempre la primacía del factor humano en la toma de decisiones. La IA debe concebirse como una herramienta de apoyo a la decisión (*decision-support system*) que potencie las capacidades del personal de vuelo, reduzca la carga cognitiva y minimice los errores derivados del exceso de información o de la fatiga operacional.

Como conclusión final, puede afirmarse que el éxito de esta futura integración dependerá de la colaboración estrecha entre las instituciones militares, la industria tecnológica y los centros de investigación. Solo a través de un enfoque conjunto, basado en la formación especializada, la inversión en I+D y la experiencia operativa acumulada por las FAMET, será posible desarrollar un sistema de planeamiento verdaderamente inteligente, interoperable y adaptado a las exigencias del combate moderno. Con ello, el Ejército de Tierra no solo mejorará su capacidad de respuesta y seguridad, sino que consolidará su liderazgo en la aplicación práctica de la inteligencia artificial al ámbito del planeamiento y ejecución de misiones aéreas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atyabi, A. (2020). Advancements on Autonomous Mission Planning and Management Systems: an AUV and UAV perspective.
- Baylie, L. C. (2018). *U.S. Army*. Retrieved from https://www.army.mil/article/209941/army_aviators_test_upgraded_mission_planning_system_software
- Brence, J. (1997). Networked Mission Planning in a Joint Air Operations Center. *Air University – Chronicles*.
- Byrne, K. P. (2001). Mission planning and operational effectiveness in helicopter operations. *Proceedings of the 27th European Rotorcraft Forum. National Aerospace Laboratory NLR*.
- Camacho, C. R.-A. (2024). Extending QGroundControl for automated mission planning of UAVs.
- Caruso, M. S. (2013, Enero 31). Aviation Networks and Mission Planning . pp. 30-33.
- Confucio. (552 a.C.-479 a.C.). *Gran Saber*.
- Coronel Baños, C. D. (2025, Marzo 5). Congreso Internacional de Seguridad y Defensa 2020, ponencia "Ciberseguridad e Inteligencia Artificial como desafíos estratégicos".
- Cummings, M. (2023). AI and the Problem of Technology Readiness Levels. *arXiv* .
- Doshi-Velez, F. &. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint*, arXiv:1702.08608.
- Eisenhower, G. D. (1957). National Defense Executive Reserve Conference.
- European Defence Agency (EDA). (2021). *Artificial Intelligence in Defence*. Bruselas, Bélgica: EDA Publications.
- Financial Times. (2023, Diciembre 6). *Germany's Army Still Uses Faxes and Outdated Radios*. Retrieved from <https://www.ft.com/content/fcac6167-282f-4bc7-b523-e858db55acdb>
- Financial Times. (2024, Marzo 18). *UK Ministry of Defence Fails to Adopt Emerging Technologies Due to Risk Aversion*. Retrieved from <https://www.ft.com/content/a087b0ac-416d-47a4-908d-ea3ad36f060b>
- FLYSIGHT. (2024, Diciembre 9). *Aviation Mission Preparedness and Planning – Mission Planning System Features* . Retrieved from <https://www.flysight.it/aviation-mission-preparedness-and-planning-mission-planning-system-features/>
- García, J. (2024). La inteligencia artificial como factor de transformación de las operaciones militares. *Revista IEEE - Instituto Español de Estudios Estratégicos*, pp. 12/2024 (3-7).
- General Dynamics. (2024, Mayo 7). *U.S. Army successfully demonstrates General Dynamics' IMPACT Mission Planning System*. Retrieved from <https://gdmissionsystems.com/articles/2024/05/07/news-release-us-army-successfully-demonstrates-impact-mission-planning-system>
- Greenwood, D. (2015). A helicopter noise model for mission planning and operations. *NASA*



Technical Reports Server (NTRS).

- Guitouni, A. (2013). A survey of military planning systems, tools and techniques. *ResearchGate*.
- Haenlein, K. &. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future. *California Management Review*, 5-14.
- Hart, B. H. (1944). *Thoughts on War*.
- Horowitz, M. C. (2018). Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power. *Texas National Security Review*, 36–57.
- Lawrence Livermore National Laboratory. (2019). *The Birth of Artificial Intelligence Research*. Retrieved from <https://st.llnl.gov/news/look-back/birth-artificial-intelligence-ai-research>
- Leonardo Company. (2023). Mission Planning and Debriefing System.
- Marler, A. B. (2021). Digital Transformation in European Armed Forces: Challenges and Prospects. *Defence Studies*, Vol. 21, nº 4, pp. 372–392.
- Merino, T. A. (2025, Julio). Entrevista AMPS e IA. (A. Carrillo, Interviewer)
- Ministerio de Defensa . (2018). *DOCTRINA PARA EL EMPLEO DE LAS FAS*.
- Ministerio de Defensa (España). (2024). La inteligencia artificial y el planeamiento militar. *Revista Ejército*, p. Revista 990 y 992.
- Ministerio De Defensa. (2021). Retrieved from <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/famet/>
- NATO RTO HFM-126. (2010). Improving Human-Machine Collaboration in Network-Centric Operations. *Research and Technology Organisation*.
- OTAN. (2011). *STANAG 4554*.
- Ramírez-Atencia, C. C. (2024). A multi-objective genetic algorithm for complex mission planning problems for UAV teams. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2402.06504>
- Scientists, F. o. (2005, Mayo 5). *AN/TYQ-77 Aviation Mission Planning System [AMPS]*. Retrieved from <https://man.fas.org/dod-101/sys/ac/equip/an-tyq-77.htm>
- Séneca. (2004). *De la brevedad de la vida*. Madrid: Alianza Editorial.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Testón, F. (2025). Artificial intelligence for automated mission planning in battle management systems. *Expert Systems with Applications*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417425028751>
- Tukey, J. (1962). *The Future of Data Analysis, Annals of Mathematical Statistics*.
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. pp. 433–460.
- Tyson, J. (2021, Octubre). *The difference between strong and weak AI*. Retrieved from Strong AI vs. Weak AI: What's the Difference?: <https://www.lifewire.com/strong-ai-vs-weak-ai->



7508012

U.S. Army (Maj. Olin L. Walters, Test Officer). (2018, Agosto 16). Retrieved from Army aviators test upgraded mission planning system software: Army.mil

UNIR. (2024, 11 22). *¿Qué es el análisis DAFO y para qué sirve?* Retrieved from <https://www.unir.net/revista/empresa/analisis-dafo/>

Wikipedia. (2025, Junio 13). *Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra*. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Fuerzas_Aerom%C3%B3viles_del_Ej%C3%A9rcito_de_Tierra

Wilson, E. O. (2009). Universidad de Harvard.



ANEXOS

Anexo I: Entrevista

En este primer anexo se presenta el modelo de entrevista empleado como guía para las conversaciones realizadas con los distintos participantes. Cabe señalar que no se siguió un cuestionario rígido, sino que las preguntas se adaptaron a cada entrevistado en función de su perfil, experiencia y área de conocimiento, con el objetivo de obtener respuestas más específicas y relevantes. Este enfoque flexible permitió profundizar en los aspectos más significativos y extraer la mayor cantidad de información útil posible.

Bloque 1: Situación actual del planeamiento

1. ¿Qué herramientas utilizan actualmente las tripulaciones de helicópteros para planificar una misión?
2. Desde vuestra experiencia, ¿cuáles son las principales dificultades o limitaciones del planeamiento actual?
3. ¿Consideráis que el actual sistema de planeamiento es suficientemente ágil para adaptarse a cambios imprevistos durante la operación?

Bloque 2: Necesidad de automatización e inteligencia artificial

1. ¿Creéis que la automatización del planeamiento podría mejorar la seguridad y eficiencia de las misiones? ¿Por qué?
2. ¿Qué papel podría desempeñar la inteligencia artificial a la hora de detectar amenazas, optimizar rutas o sugerir alternativas durante una misión?
3. ¿Cómo veis la posibilidad de que una IA sugiera un plan alternativo en pleno vuelo? ¿Sería viable operacionalmente?

Bloque 3: Integración con otros sistemas y unidades

1. ¿Qué importancia tiene para vosotros la interoperabilidad con otras unidades, tanto aéreas como terrestres o navales, a la hora de planificar y ejecutar misiones?
2. ¿Consideráis que el AMPS actual facilita suficientemente esta interoperabilidad?
3. ¿Qué otros sistemas (tácticos, de inteligencia, meteorológicos, etc.) deberían integrarse en el planeamiento para mejorar el resultado final?

Bloque 4: Visión de futuro

1. En vuestra opinión, ¿cuáles serían los riesgos o limitaciones de incorporar IA en sistemas críticos como el planeamiento de misión?
2. ¿Qué grado de autonomía creéis que debería tener una IA en este tipo de sistemas: solo apoyo al piloto o también toma de decisiones parcial?
3. A nivel formativo, ¿cómo afectaría a las tripulaciones el uso de sistemas más automatizados e inteligentes? ¿Se necesitaría más formación técnica o táctica?

Cierre

¿Qué recomendaríais a quienes están diseñando estos sistemas para que sean realmente útiles y operativos en el día a día de las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra?



Anexo II: Aplicación del método AHP

El presente anexo muestra el proceso de aplicación del método AHP. Esta metodología se llevó a cabo mediante el software interno del ET "AyudaDecision_AHP_net_4.0". A continuación, se muestran las capturas de pantalla con los distintos apartados del software.

Paso 1. Introducción de criterios, subcriterios y alternativas

CRITERIOS	SEGURIDAD	EFICIENCIA	INTEROPERABILIDAD	COSTES
SEGURIDAD V...	1	7	5	7
EFICIENCIA OP...	1/7	1	3	5
INTEROPERABI...	1/5	1/3	1	1/3
COSTES	1/7	1/5	3	1

Valor	Definición
1	a - Igual Importancia
3	b - Importancia Moderada v 1/3
5	c - Importancia Grande v 1/5
7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
9	e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0.2452

Paso 2. Introducción de los pesos relativos de los distintos criterios.



Método AHP - Evaluación de SubCriterios (Etapa 2.bis)

SEGURIDAD VUELO			PESOS(W)	EFICIENCIA OPERATIVA			PESOS(W)
Menos errores humano	1	7	0.87	Menos carga trabajo	1	9	0.90
Mejora detec. riesgo	1/7	1	0.13	Rapidez planeamiento	1/9	1	0.10

R.I. : 0.0000

INTEROPERABILIDAD			PESOS(W)	COSTES			PESOS(W)
Integración sistemas	1	3	0.75	Costes adquisición	1	1/5	0.17
Coordinación unidad	1/3	1	0.25	Costes mantenimiento	5	1	0.83

R.I. : 0.0000

Calcular

< Volver

Paso 3. Introducción de los pesos relativos de los subcriterios respectivos.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

Menos errores humano	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS actual	1	1/5	1/9	0.06
AMPS mejorado	5	1	1/7	0.19
AMPS IA	9	7	1	0.75

R.I. : 0.1889

Mejora detec. riesgo	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS mejorado	5	1	1/7	0.06
AMPS IA	9	7	1	0.19
AMPS actual	1	1/5	1/9	0.75

R.I. : 0.1889

Menos carga trabajo	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS mejorado	5	1	1/7	0.06
AMPS IA	9	7	1	0.19
AMPS actual	1	1/5	1/9	0.75

R.I. : 0.1889

Rapidez planeamiento	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS actual	1	1/5	1/9	0.06
AMPS mejorado	5	1	1/7	0.19
AMPS IA	9	7	1	0.75

R.I. : 0.1889

Calcular

< Volver

Paso 4. Valoración de las alternativas propuestas.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

Integración sistemas	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS mejorado	3	1	1/3	0.14
AMPS IA	3	3	1	0.29
AMPS actual	1	1/3	1/3	0.57

R.I. : 0.1183

Coordinación unidad	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS mejorado	3	1	1/3	0.14
AMPS IA	3	3	1	0.29
AMPS actual	1	1/3	1/3	0.57

R.I. : 0.1183

Costes adquisición	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS actual	1	7	9	0.75
AMPS mejorado	1/7	1	5	0.19
AMPS IA	1/9	1/5	1	0.06

R.I. : 0.1889

Costes mantenimiento	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA	PESOS(W)
AMPS mejorado	1/7	1	5	0.75
AMPS IA	1/9	1/5	1	0.19
AMPS actual	1	1/5	1/9	0.06

R.I. : 0.1889

Calcular

< Volver

Paso 5. Valoración de las alternativas propuestas.



Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	AMPS actual	AMPS mejorado	AMPS IA
SEGURIDAD VUELO	0.61	0.06	0.19	0.75
+ Menos errores humano	0.87	0.06	0.19	0.75
+ Mejora detec. riesgo	0.13	0.06	0.19	0.75
EFICIENCIA OPERATIVA	0.21	0.06	0.19	0.75
+ Menos carga trabajo	0.90	0.06	0.19	0.75
+ Rapidez planeamiento	0.10	0.06	0.19	0.75
INTEROPERABILIDAD	0.07	0.14	0.29	0.57
+ Integración sistemas	0.75	0.14	0.29	0.57
+ Coordinación unidad	0.25	0.14	0.29	0.57
COSTES	0.11	0.75	0.19	0.06
+ Costes adquisición	0.17	0.75	0.19	0.06
+ Costes mantenimiento	0.83	0.75	0.19	0.06
		0.14	0.20	0.66

Paso 6. Resultado final. En él se muestran los pesos totales de todos los elementos implicados



Anexo III: Encuesta utilizada para la recogida de datos

En este segundo anexo se presentan todas las preguntas que formaron parte de la encuesta. La elaboración del cuestionario se realizó a través de la plataforma “formularios de Google”, y posteriormente se distribuyó mediante enlace informático. La información extraída se empleó para distintos apartados del trabajo.

ENCUESTA TFG SOBRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PLANEAMIENTO DE MISIONES AÉREAS (AMPS)

El presente cuestionario tiene como finalidad recoger opiniones y percepciones del personal militar y de los cuerpos de seguridad sobre el uso de la inteligencia artificial y la automatización en el planeamiento de misiones aéreas, con especial atención a las unidades de helicópteros.

La participación es anónima y la duración estimada para completarla es de 5 minutos.

BLOQUE 1: PERFIL PROFESIONAL

1. ¿En qué ámbito desarrollas tu labor profesional actualmente?
 - Ejército de Tierra
 - Ejército del Aire y del Espacio
 - Armada
 - Guardia Civil
 - Policía Nacional
 - Otro: *[respuesta abierta]*
2. ¿Qué relación tienes con la aviación militar?
 - Piloto
 - Mecánico
 - Personal de mantenimiento
 - Cadete
 - Otro: *[respuesta abierta]*
3. ¿Con qué tipo de plataforma aérea trabajas o has trabajado más frecuentemente?
 - Helicópteros (cualquier modelo o variante)
 - Aviones de ala fija
 - No he trabajado con plataformas aéreas
 - Otro: *[respuesta abierta]*
4. ¿Tienes experiencia en el planeamiento de misiones aéreas?
 - Sí
 - Algo de experiencia
 - No
 - Otro: *[respuesta abierta]*



5. ¿Has utilizado o participado en la planificación de misiones mediante sistemas digitales como AMPS, JMPS u otros similares?
- Sí, con frecuencia
 - Sí, ocasionalmente
 - He recibido formación, pero no lo he usado en operaciones
 - No, pero conozco estos sistemas
 - No los conozco

BLOQUE 2: VALORACIÓN DEL PLANEAMIENTO ACTUAL

6. ¿Cómo valorarías el nivel de automatización del sistema que usas para planear misiones?
- 1 = Nada automatizado | 5 = Totalmente automatizado
7. ¿El sistema actual te permite integrar fácilmente información de diferentes fuentes (meteorología, NOTAMs, inteligencia, etc.)?
- 1 = Muy difícil | 5 = Muy fácil
8. ¿El sistema actual facilita la toma de decisiones durante el planeamiento?
- 1 = Nada útil | 5 = Muy útil
9. ¿Qué factores crees que más afectan a la calidad del planeamiento?
- Falta de tiempo
 - Complejidad de la misión
 - Errores humanos
 - Falta de herramientas automatizadas
 - Otro: *[respuesta abierta]*

BLOQUE 3: PERCEPCIÓN SOBRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN EL PLANEAMIENTO DE MISIÓN

10. ¿Consideras que la automatización (IA) podría mejorar el planeamiento de misiones?
- Sí, mucho
 - Sí, en parte
 - No lo tengo claro
 - No, podría generar problemas
 - Otro: *[respuesta abierta]*
11. ¿Crees que una inteligencia artificial podría reducir la carga cognitiva durante el planeamiento de una misión aérea?
- 1 = Nada de acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo
12. ¿En qué aspectos crees que la IA podría aportar más al planeamiento de helicópteros? (elige los que quieras)
- Generación de rutas seguras
 - Detección de cables de tensión



- Optimización de consumo de combustible
 - Gestión de información meteorológica
 - Presentación jerarquizada de información relevante
 - Otro: *[respuesta abierta]*
13. ¿Estarías dispuesto a confiar en una IA que sugiera rutas o decisiones tácticas durante el planeamiento?
- 1 = Nada dispuesto | 5 = Totalmente dispuesto
14. ¿Tendría sentido que un sistema de IA recomendara cambios de misión durante el vuelo?
- Sí, totalmente
 - Solo si la tripulación lo valida
 - No, las decisiones deben ser siempre humanas
 - Otro: *[respuesta abierta]*
15. ¿Crees que las FAS deberían invertir en sistemas avanzados de planeamiento con IA?
- Sí, es fundamental
 - Sí, pero con cautela
 - No, es suficiente con lo que hay
 - No tengo opinión
 - Otro: *[respuesta abierta]*
16. ¿Qué riesgos ves en el uso de IA en operaciones militares?
- Dependencia tecnológica
 - Posibles fallos del sistema
 - Deshumanización del proceso de decisión
 - Ninguno
 - Otro: *[respuesta abierta]*
17. Deja cualquier comentario o sugerencia sobre el futuro del planeamiento automatizado de misiones.
- (Respuesta abierta)



Anexo IV: Respuestas a la encuesta

El presente anexo está directamente relacionado con el anterior. En él se muestran las tablas de frecuencias relativas y absolutas, así como los gráficos de las respuestas de la encuesta realizada en el presente trabajo. Con estos datos se realizó el análisis estadístico mostrado en la memoria.

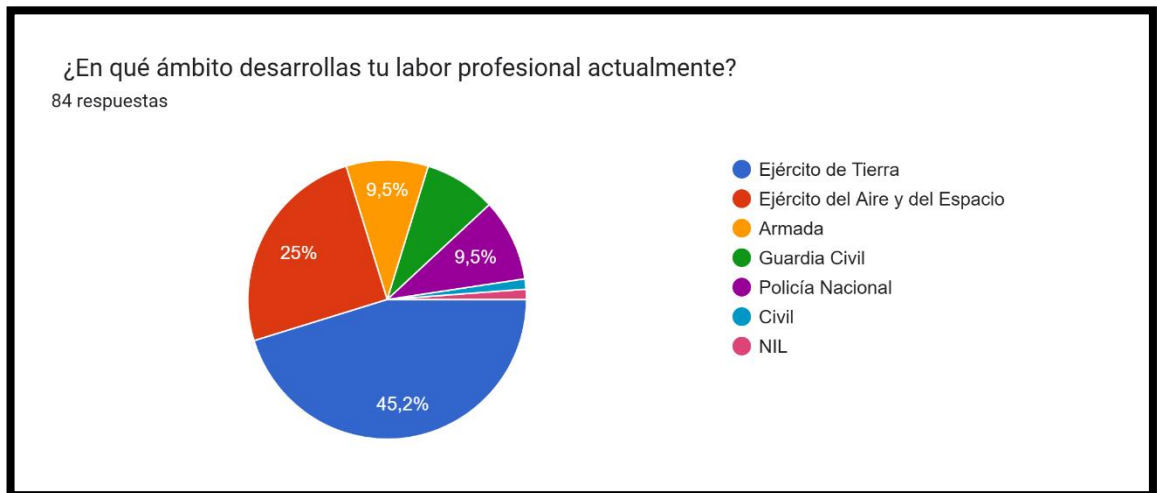


Gráfico 1. Respuestas a la pregunta 1. Fuente: Elaboración propia.

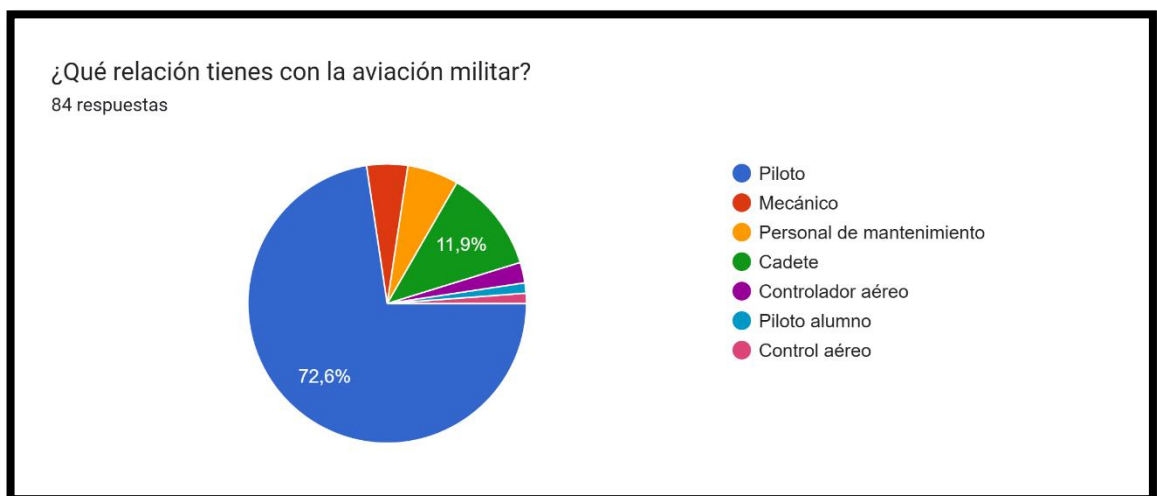


Gráfico 2. Respuestas a la pregunta 2. Fuente: Elaboración propia.

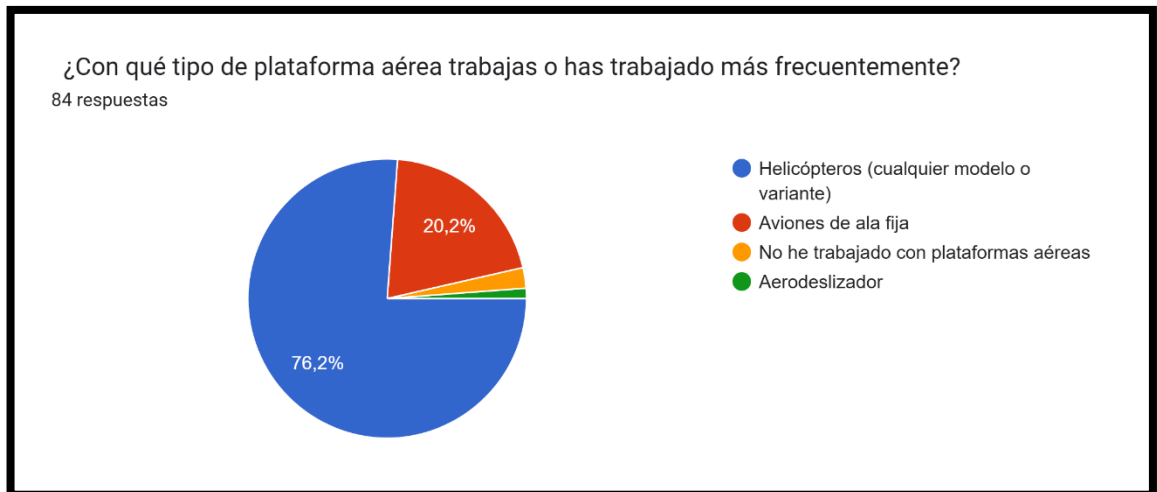


Gráfico 3. Respuestas a la pregunta 3. Fuente: Elaboración propia.

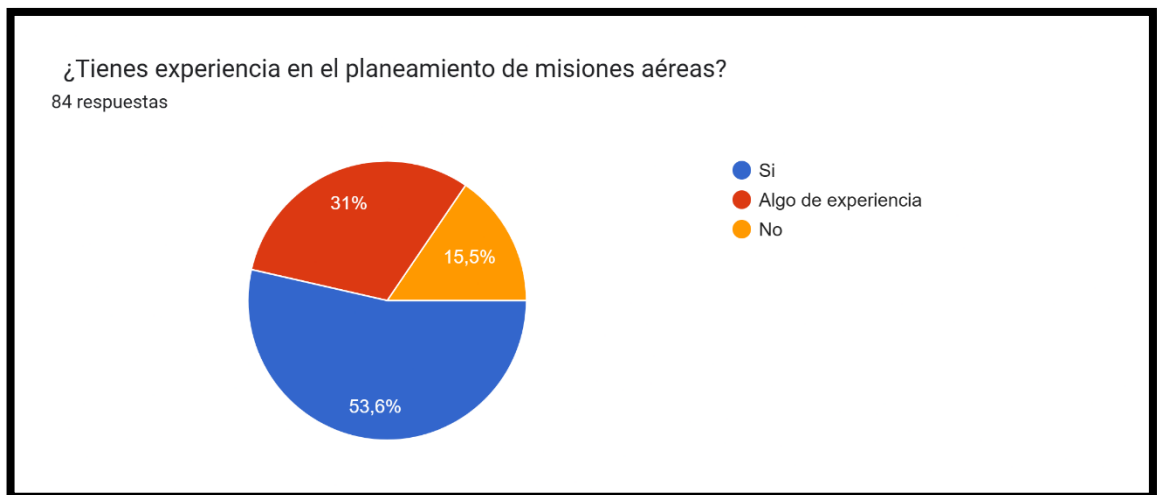


Gráfico 4. Respuestas a la pregunta 4. Fuente: Elaboración propia.

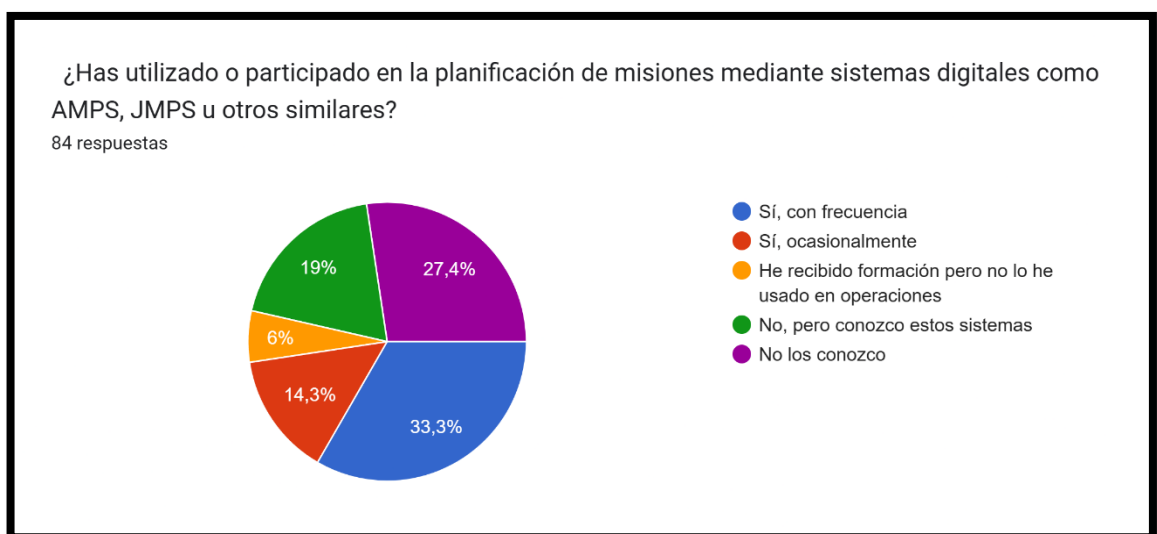


Gráfico 5. Respuestas a la pregunta 5. Fuente: Elaboración propia.

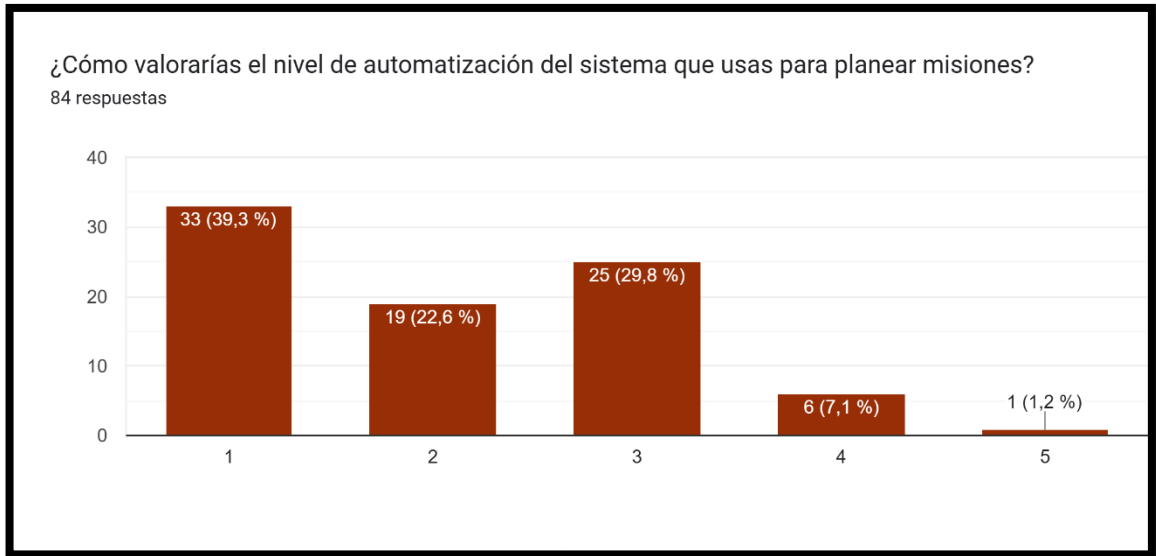


Gráfico 6. Respuestas a la pregunta 6. Fuente: Elaboración propia.

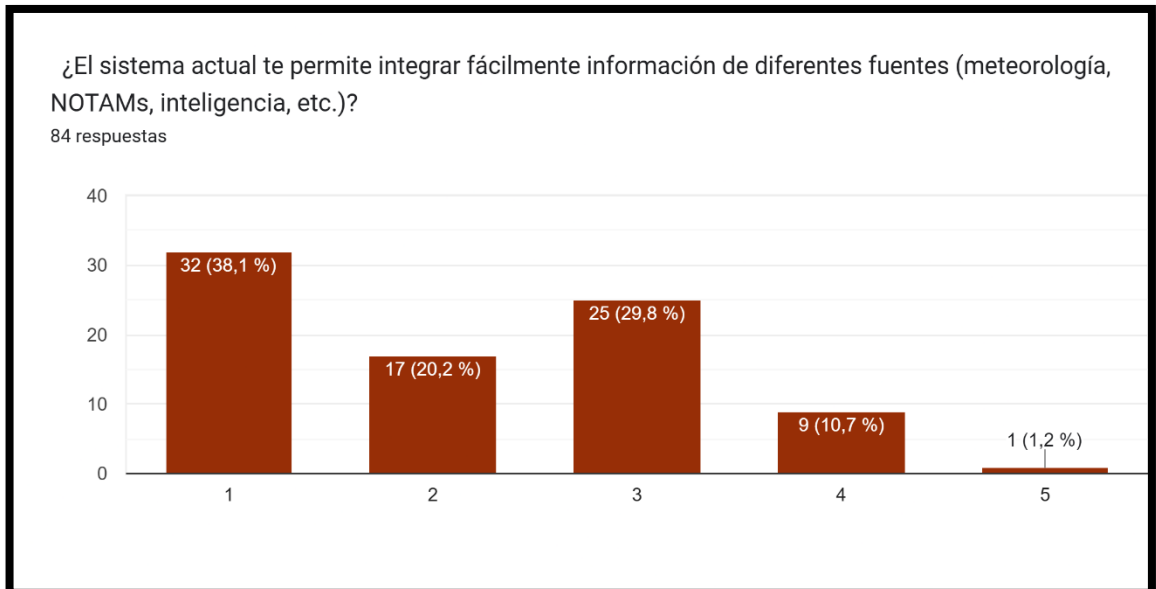


Gráfico 7. Respuestas a la pregunta 7. Fuente: Elaboración propia.

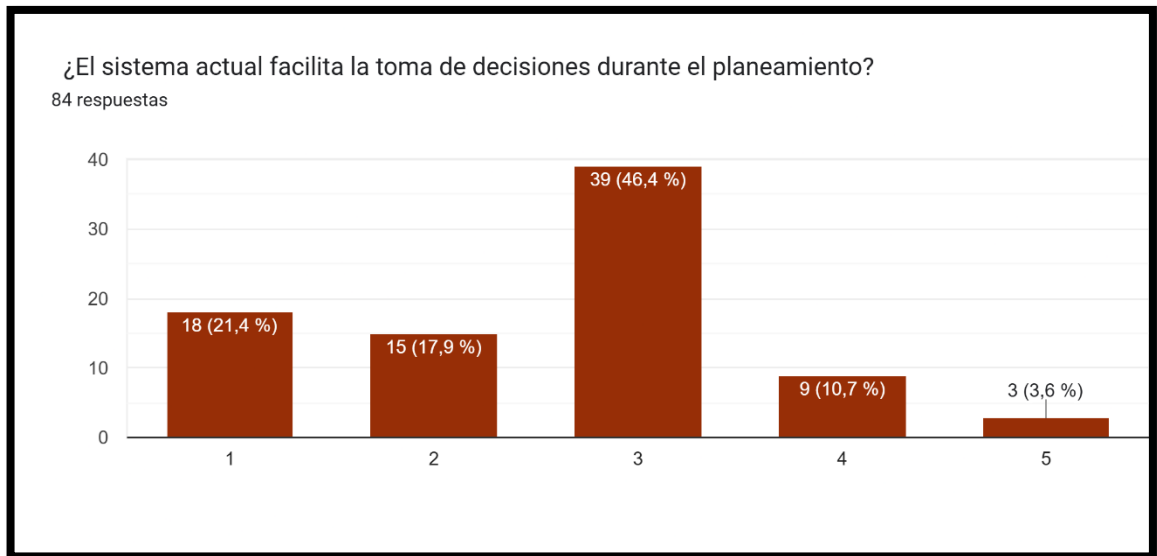


Gráfico 8. Respuestas a la pregunta 8. Fuente: Elaboración propia.

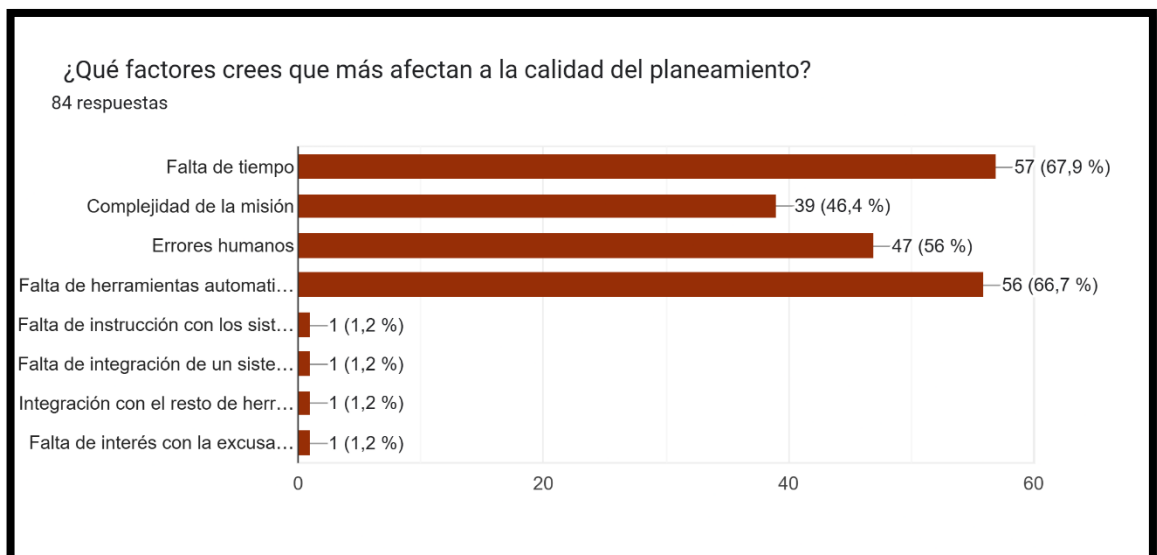


Gráfico 9. Respuestas a la pregunta 9. Fuente: Elaboración propia.

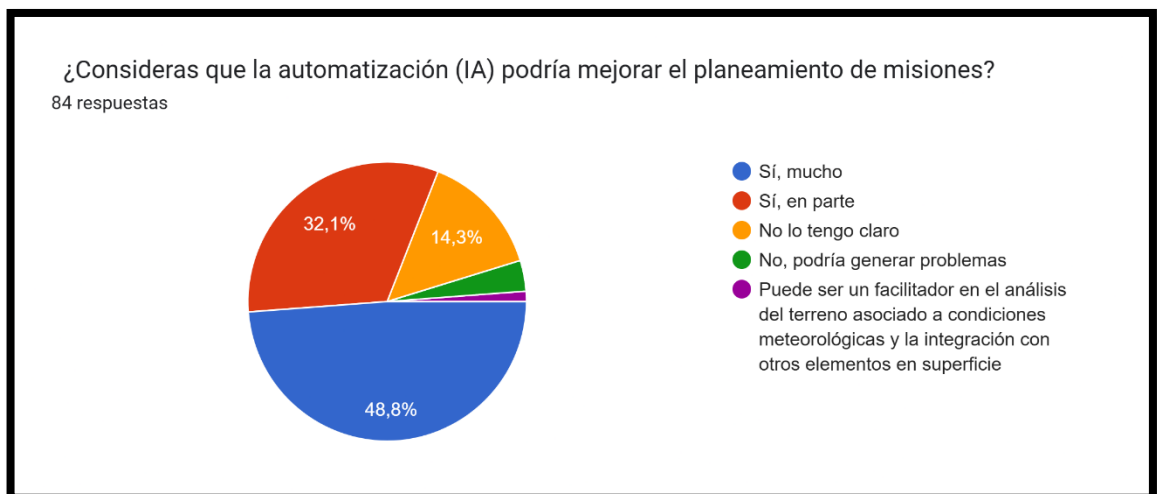


Gráfico 10. Respuestas a la pregunta 10. Fuente: Elaboración propia.

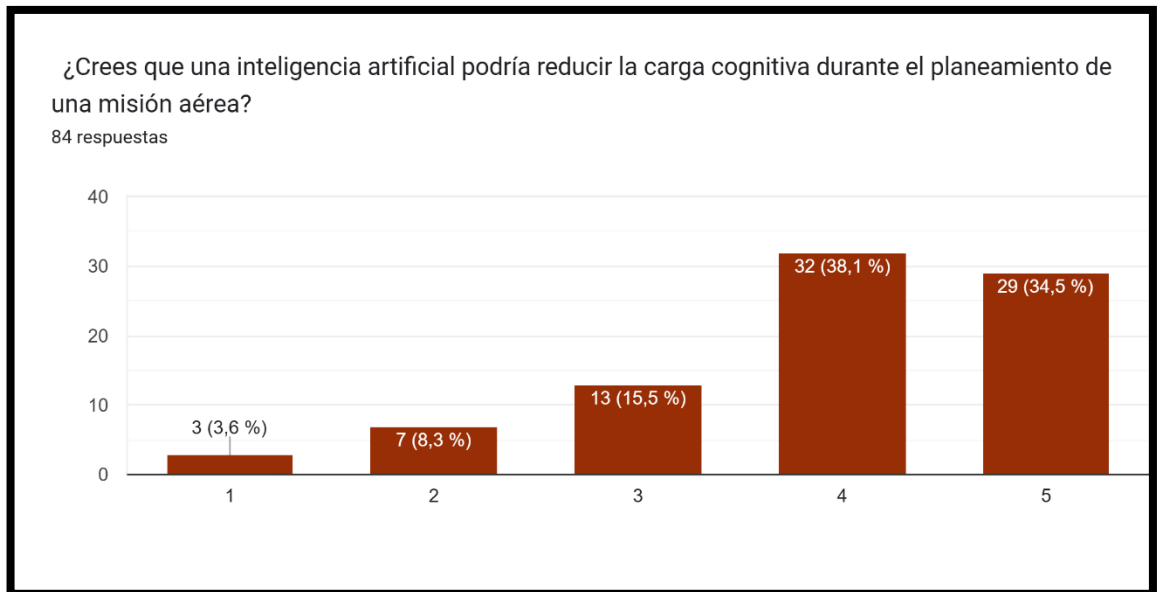


Gráfico 11. Respuestas a la pregunta 11. Fuente: Elaboración propia.

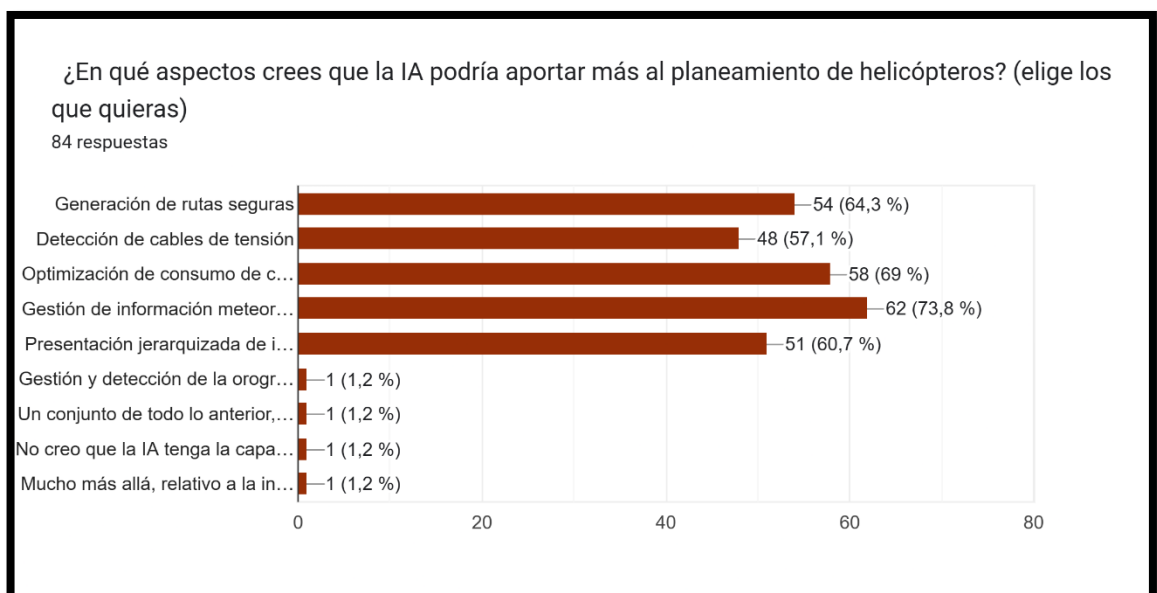


Gráfico 12. Respuestas a la pregunta 12. Fuente: Elaboración propia.

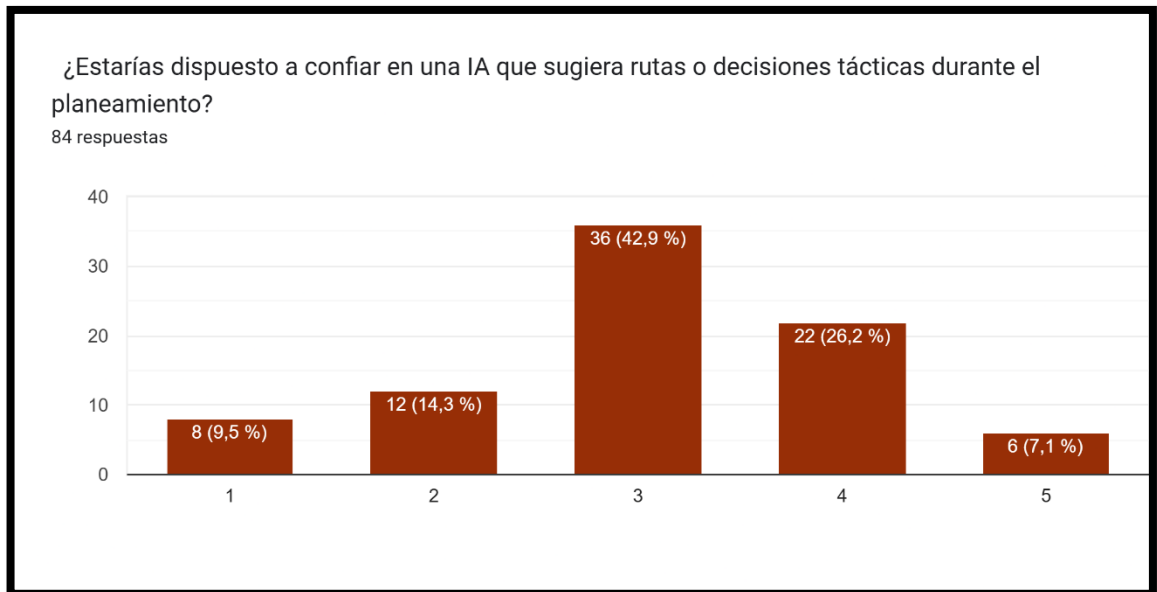


Gráfico 13. Respuestas a la pregunta 13. Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 14. Respuestas a la pregunta 14. Fuente: Elaboración propia.

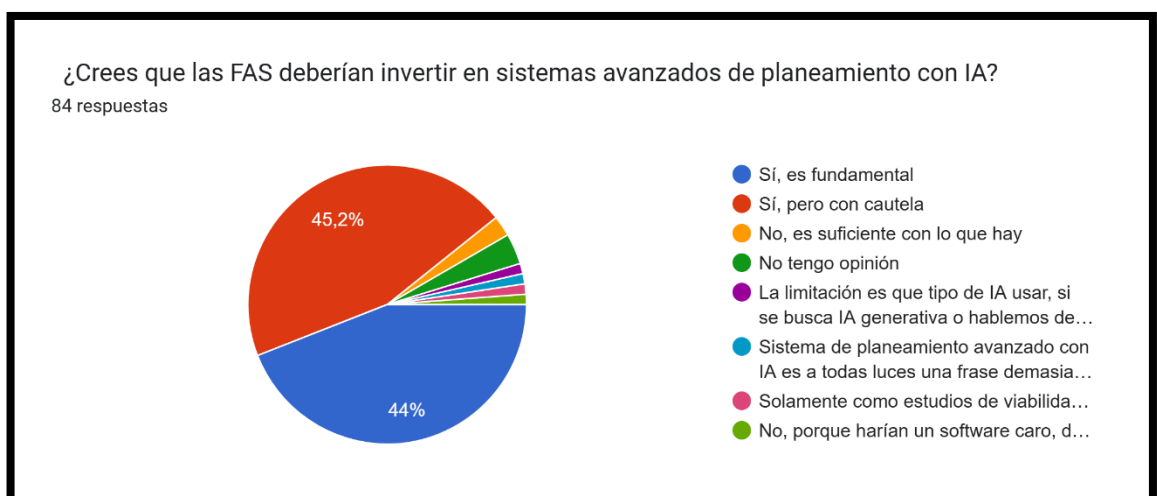


Gráfico 15. Respuestas a la pregunta 15. Fuente: Elaboración propia.

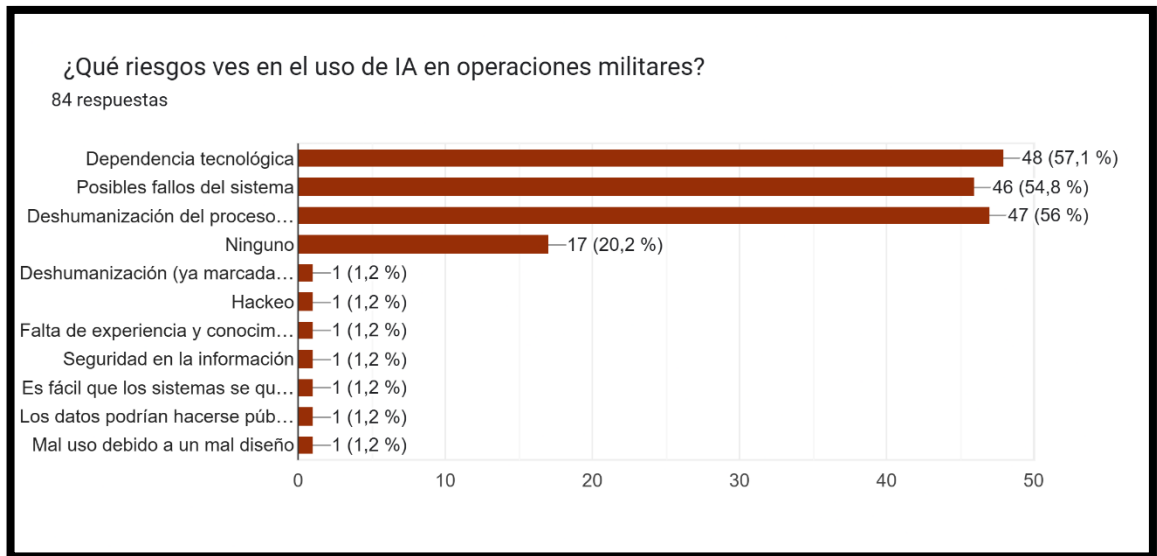


Gráfico 16. Respuestas a la pregunta 16. Fuente: Elaboración propia.



Anexo V: Contrastes estadísticos del cuestionario

El presente anexo recoge los resultados de los contrastes estadísticos aplicados a las respuestas obtenidas en el cuestionario sobre la implementación de sistemas de planeamiento digital en el ámbito de las operaciones aéreas. Estos análisis permiten determinar si existen diferencias significativas entre los distintos cuerpos (Ejército de Tierra y otros) en relación con el uso, la formación y el conocimiento de los sistemas AMPS, JMPS u otros equivalentes.

La tabla 6 muestra la relación entre el ámbito de pertenencia de los encuestados y su nivel de participación o formación en sistemas digitales de planeamiento de misión. Esta distribución permite visualizar las diferencias en la adopción de herramientas como AMPS o JMPS según el cuerpo de procedencia.

*Tabla 5. Distribución cruzada entre el ámbito profesional y el uso de sistemas de planeamiento digital.
Fuente: Elaboración propia.*

			PLANIFICACIÓN MISIONES (P5)			Total
			Sí	Formación	No	
AMBITO (P1)	Otros	Recuento	24	3	19	46
		Recuento esperado	21,9	2,7	21,4	46,0
	Tierra	Recuento	16	2	20	38
		Recuento esperado	18,1	2,3	17,6	38,0
Total		Recuento	40	5	39	84
		Recuento esperado	40,0	5,0	39,0	84,0

Como puede observarse, las frecuencias se reparten de forma similar entre ambos grupos, con un porcentaje ligeramente superior de usuarios en el ámbito “Otros” respecto al Ejército de Tierra. Este resultado sugiere una tendencia hacia la homogeneización en el uso de sistemas digitales de planeamiento entre las distintas instituciones.

Con el fin de comprobar si las diferencias observadas en la tabla anterior son estadísticamente significativas, se ha aplicado la prueba de chi-cuadrado de Pearson, cuyos valores se muestran a continuación.

*Tabla 6. Prueba de independencia chi-cuadrado para las variables “Ámbito” y “Planificación de misiones”.
Fuente: Elaboración propia.*

Pruebas de chi-cuadrado (P5)			
	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	1,073 ^a	2	,585
Razón de verosimilitud	1,075	2	,584
Asociación lineal por lineal	1,001	1	,317
N de casos válidos	84		



El valor obtenido ($\chi^2 = 1,073$; $p = 0,585$) indica que no existen diferencias significativas entre los encuestados del Ejército de Tierra y los de otros ámbitos respecto al uso o formación en sistemas de planeamiento digital. Por tanto, se mantiene la hipótesis nula de independencia entre ambas variables, lo que refleja una tendencia común en la adopción tecnológica y doctrinal de estos sistemas dentro de las Fuerzas Armadas y Cuerpos de Seguridad.

La tabla 8 muestra la relación entre el ámbito profesional y la valoración de los encuestados sobre el impacto de la automatización (IA) en el planeamiento de misiones. El objetivo es identificar posibles diferencias en la percepción de la IA como herramienta de mejora operativa.

Tabla 7. Distribución cruzada entre el ámbito profesional y la percepción de mejora del planeamiento mediante IA. Fuente: Elaboración propia.

			IA MEJORA (P10)		Total
			Si	No	
AMBITO (P1)	Otro	Recuento	38	8	46
		Recuento esperado	37,7	8,3	46,0
	Tierra	Recuento	30	7	37
		Recuento esperado	30,3	6,7	37,0
Total		Recuento	68	15	83
		Recuento esperado	68,0	15,0	83,0

Se aprecia una coincidencia general en la valoración positiva de la IA, con porcentajes similares en todos los ámbitos, lo que indica una visión común respecto a su potencial en el planeamiento de misiones.

Para contrastar estadísticamente la independencia entre el ámbito profesional y la percepción sobre la utilidad de la IA, se aplicó la prueba chi-cuadrado de Pearson (tabla 9).

Tabla 8. Prueba de independencia chi-cuadrado para las variables "Ámbito" e "Influencia de la IA". Fuente: Elaboración propia.

Pruebas de chi-cuadrado					
	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)	Significación exacta (2 caras)	Significación exacta (1 cara)
Chi-cuadrado de Pearson	,032 ^a	1	,857		
Corrección de continuidad	0,000	1	1,000		
Razón de verosimilitud	,032	1	,857		
Prueba exacta de Fisher				1,000	,540
Asociación lineal por lineal	,032	1	,858		
N de casos válidos	83				



El valor de $\chi^2 = 0,032$ con $p = 0,857$ demuestra la inexistencia de diferencias significativas entre grupos. Este resultado confirma que la percepción positiva de la IA es compartida de forma homogénea, consolidando su aceptación doctrinal como elemento clave en la digitalización del planeamiento militar.

La tabla 10 resume los valores medios, la desviación y el error estándar para ambas variables, diferenciando entre el personal del Ejército de Tierra y el resto de ámbitos. Estos estadísticos permiten observar de forma preliminar las posibles diferencias entre grupos antes de aplicar el contraste inferencial.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de grupo para las variables P6 y P11. Fuente: Elaboración propia.

ÁMBITO (P1)		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
P6	Tierra	38	2,474	1,0840	,1758
	Otro	46	1,761	,8990	,1326
P11	Tierra	38	3,816	1,0096	,1638
	Otro	46	4,000	1,1353	,1674

Puede apreciarse que el Ejército de Tierra presenta una media más alta en la variable P6 (2,47 frente a 1,76), lo que sugiere una percepción de mayor automatización de los sistemas empleados en su ámbito. Sin embargo, en la variable P11 las medias son muy similares (3,82 y 4,00, respectivamente), lo que anticipa una coincidencia de criterios sobre el papel de la inteligencia artificial en la reducción de la carga cognitiva.

A continuación, se muestran los resultados (tabla 11) de la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas y del contraste t de Student, que evalúa si las diferencias observadas entre los grupos son estadísticamente significativas.



Tabla 10. Prueba t de Student para la igualdad de medias (P6 y P11). Fuente: Elaboración propia.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
P6	Se asumen varianzas iguales	2,228	,139	3,295	82	,001	,7128	,2163	,2825	1,1431
	No se asumen varianzas iguales			3,237	71,906	,002	,7128	,2202	,2738	1,1518
P11	Se asumen varianzas iguales	,663	,418	-,778	82	,439	-,1842	,2368	-,6553	,2869
	No se asumen varianzas iguales			-,787	81,528	,434	-,1842	,2342	-,6501	,2817

En la pregunta 6, la prueba t nos da un resultado significativo ($t = 3,295$; $p = 0,001$), lo que implica que el Ejército de Tierra percibe un nivel de automatización significativamente superior al resto de ámbitos. En cambio, la pregunta 11 no presenta diferencias significativas ($p = 0,434$), lo que confirma una valoración homogénea del potencial de la IA para reducir la carga cognitiva. En conjunto, los resultados indican una brecha tecnológica actual, asociada a la implantación de sistemas más avanzados en el Ejército de Tierra, pero una visión doctrinal compartida sobre el valor de la inteligencia artificial como apoyo al planeamiento.



La siguiente tabla (tabla 12) muestra la proporción de encuestados que seleccionó cada uno de los factores analizados, diferenciando entre el personal del Ejército de Tierra y el de otros ámbitos. Se incluye el valor del estadístico chi-cuadrado y el nivel de significación (p), que permite comprobar si las diferencias son estadísticamente relevantes.

Tabla 11. Contraste chi-cuadrado por factores que afectan a la calidad del planeamiento (P9). Fuente: Elaboración propia.

Factor	% Total	% ET	% Otros	gl	χ^2	p
Falta de tiempo	67,9	63,2	71,7	1	0,364	0,546
Complejidad de la misión	46,4	26,3	63,0	1	9,857	0,002
Errores humanos	56,0	42,1	67,4	1	4,421	0,035
Falta de herramientas automatizadas	66,7	52,6	78,3	1	5,052	0,025
Otros	4,8	10,5	0,0	1	3,028	0,082

Los resultados muestran que la falta de tiempo (67,9 %) y la falta de herramientas automatizadas (66,7 %) son los factores más señalados de forma general. El contraste estadístico revela diferencias significativas en tres variables: complejidad de la misión ($p = 0,002$), errores humanos ($p = 0,035$) y falta de herramientas automatizadas ($p = 0,025$), siendo más citadas por el personal de otros ámbitos distintos al Ejército de Tierra. Este patrón sugiere que, aunque los problemas estructurales del planeamiento son comunes a todos los cuerpos, el Ejército de Tierra presenta una menor percepción de carencia tecnológica, probablemente debido a la mayor implantación del sistema AMPS en sus unidades.



En la siguiente tabla (tabla 13) se presentan los porcentajes de selección de las principales funciones en las que los encuestados consideran que la IA podría aportar más al planeamiento. De nuevo, se comparan las respuestas entre el Ejército de Tierra y el resto de organismos, aplicando el contraste chi-cuadrado a cada variable.

Tabla 12. Contraste chi-cuadrado por aportaciones potenciales de la inteligencia artificial (P12). Fuente: Elaboración propia.

Aportación IA	% Total	% ET	% Otros	gl	χ^2	p
Generación de rutas seguras	64,3	55,3	71,7	1	1,795	0,180
Detección de cables de tensión	57,1	50,0	63,0	1	0,962	0,327
Optimización de consumo de combustible	69,0	63,2	73,9	1	0,679	0,410
Gestión de información meteorológica	73,8	71,1	76,1	1	0,075	0,785
Presentación jerarquizada de información	60,7	50,0	69,6	1	2,570	0,109

Los resultados reflejan una coincidencia generalizada entre los grupos, sin diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las categorías (todas las $p > 0,05$). Tanto los miembros del Ejército de Tierra como los de otros ámbitos coinciden en priorizar la gestión de información meteorológica (73,8 %), la optimización del consumo de combustible (69 %) y la generación de rutas seguras (64,3 %) como las funciones donde la inteligencia artificial podría ofrecer un mayor impacto. Este consenso doctrinal pone de manifiesto una alineación conceptual en la visión de futuro, donde la IA es percibida como un apoyo decisivo para reducir la carga cognitiva y aumentar la eficiencia del planeamiento, reforzando la tendencia hacia la interoperabilidad tecnológica y la automatización inteligente de los sistemas de planeamiento de misión.



Anexo VI: Organigrama FAMET

En el presente anexo se observa el organigrama general de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET). Este esquema representa la estructura jerárquica y funcional de la unidad, mostrando la dependencia del Cuartel General de las distintas unidades de helicópteros distribuidas por el territorio nacional. A través de este organigrama se identifican los batallones de helicópteros de maniobra (BHELMA), los batallones de helicópteros de ataque (BHELA), así como el Centro de Enseñanza de las FAMET (CEFAMET) y otras unidades de apoyo logístico y operativo, reflejando así la organización completa del sistema de aviación del Ejército de Tierra.

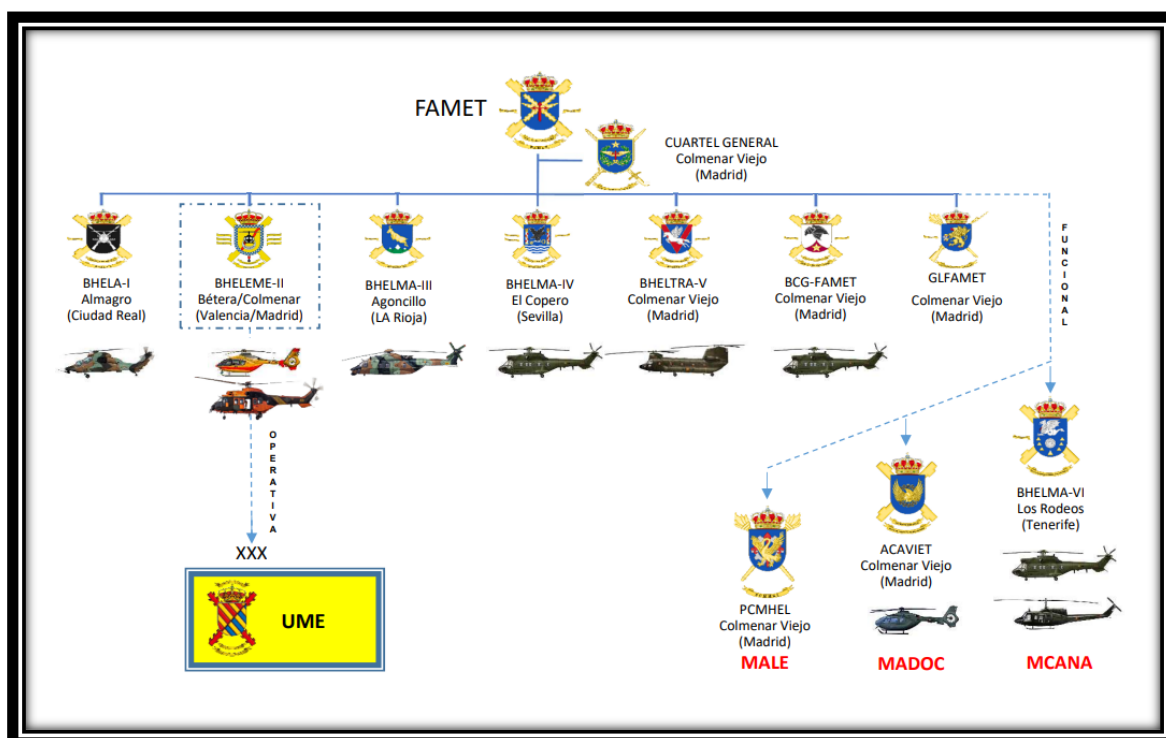


Ilustración 18. Organigrama FAMET. Fuente: Alejandro Pachón Rodríguez.

La estructura orgánica de las FAMET evidencia la alta especialización y la distribución estratégica de sus unidades, orientadas a garantizar una respuesta rápida, eficaz y coordinada en operaciones tanto nacionales como internacionales. Este despliegue territorial, junto con la diversidad de modelos de helicópteros y capacidades operativas, permite a las FAMET mantener una elevada flexibilidad y adaptabilidad, factores esenciales en el planeamiento y ejecución de misiones aéreas en el ámbito del Ejército de Tierra.



Anexo VII: Fases análisis propuesta

En el presente Anexo se observa la tabla 6 donde se pueden ver las diferentes fases en las que se estructura el experimento comparativo diseñado para este estudio. Cada fase responde a un propósito metodológico concreto que permite analizar, de forma ordenada y objetiva, el comportamiento de distintos modelos de inteligencia artificial ante escenarios de planeamiento de misión. Este enfoque secuencial asegura la homogeneidad en la evaluación y facilita la comparación de resultados entre plataformas.

Tabla 13. Fases del experimento comparativo de evaluación de inteligencias artificiales. Fuente: Elaboración propia.

Fase	Objetivo principal	Descripción resumida
1. Análisis previo de capacidades	Identificar las limitaciones y arquitectura de cada modelo.	Se formulan preguntas generales sobre el tipo de lenguaje, acceso a fuentes abiertas (AEMET, cartografía) y comprensión de imágenes o mapas.
2. Comprensión situacional (sin imagen)	Evaluar la lógica de razonamiento táctico ante escenarios teóricos.	Se plantean supuestos textuales de vuelo y se analizan los factores que la IA considera prioritarios (meteorología, seguridad, consumo).
3. Interpretación visual (con mapa o imagen)	Comprobar la capacidad de análisis visual del terreno.	Se presentan ortofotos o mapas reales y se solicita una propuesta de ruta valorando orografía, obstáculos y distancia.
4. Integración de datos meteorológicos	Verificar la capacidad de acceder o razonar con información climática.	Se pregunta por la obtención o uso de datos de AEMET y por la influencia de viento, visibilidad y nubosidad en la elección de la ruta.
5. Simulación de planeamiento completo	Evaluar la generación de rutas completas y justificadas.	Se pide a cada modelo planificar un trayecto (p. ej., Armilla–Almería) con criterios de seguridad, eficiencia y realismo operativo.
6. Evaluación comparativa final	Analizar la coherencia, utilidad y limitaciones de cada IA.	Se registran y comparan los resultados según criterios de coherencia táctica, integración de factores reales y claridad en la argumentación.



Anexo VIII: Preguntas

El siguiente anexo recoge las preguntas empleadas en las seis fases del experimento comparativo, el contenido completo se conserva en formato digital, disponible para consulta.

Fase 1: Análisis previo — Conocimiento y capacidades de cada IA

1. ¿Qué tipo de lenguaje o arquitectura utilizas (GPT, PaLM, Claude, etc.) y cómo procesas información visual o cartográfica?
2. ¿Tienes acceso en tiempo real a fuentes meteorológicas como AEMET OpenData o solo a información previa a tu entrenamiento?
3. ¿Puedes interpretar una imagen o mapa y reconocer en ella elementos geográficos como ríos, carreteras o líneas eléctricas?
4. ¿Podrías integrar datos meteorológicos y topográficos para recomendar una ruta de vuelo segura?
5. ¿Qué formato de imagen o mapa interpretas mejor (por ejemplo, ortofotos, capturas satelitales, mapas topográficos)?
6. ¿Qué limitaciones reconoces a la hora de planificar una ruta aérea en entornos reales?

Fase 2: Prueba de comprensión situacional (sin mapas aún)

1. Si un helicóptero debe volar desde la base de Armilla hasta Almería con vientos cruzados moderados y nubosidad parcial, ¿qué factores considerarías para planificar la ruta?
2. ¿Qué importancia tiene la altitud del terreno, el consumo de combustible y la visibilidad en la selección de la ruta óptima?
3. ¿Qué criterios priorizarías en un planeamiento táctico: seguridad, rapidez o consumo?

Fase 3: Prueba de análisis visual (con mapa)

1. Basándote en este mapa, ¿qué ruta de vuelo recomendarías para minimizar el riesgo?
2. ¿Has tenido en cuenta la orografía, líneas eléctricas u obstáculos?
3. ¿Podrías estimar cuál es el trayecto más corto o el más seguro según la meteorología actual?

Fase 4: Evaluación meteorológica y de fuentes externas

1. ¿Puedes acceder a los datos meteorológicos actuales en España o usar fuentes como OpenData de AEMET?
2. Si no puedes acceder directamente, ¿qué alternativa propondrías para integrar esa información en un sistema de planeamiento?
3. Con viento de 20 nudos del oeste y base de nubes a 1500 ft, ¿cómo afectaría eso a la ruta y altitud de vuelo de un EC-120 Colibrí?

Fase 5: Simulación de planeamiento completo



“Eres un asistente de planeamiento de vuelo del Ejército de Tierra. Debes planear una misión en helicóptero EC-120 desde la base de Armilla hasta el aeropuerto de Almería. Considera meteorología, consumo de combustible, altitud del terreno, líneas de tensión, riesgo aviar y zonas urbanas. Propón tres rutas posibles (segura, rápida y equilibrada) y justifica tus decisiones.”

- ¿De dónde obtienes la información meteorológica?
- ¿Has considerado el viento o la altitud de densidad?
- ¿Cómo calculas el consumo de combustible?
- ¿Cómo evitarías las zonas urbanas o los obstáculos eléctricos?



Anexo IX: Respuestas y análisis

En este anexo se presentan múltiples tablas con puntuaciones obtenidas por cada modelo en las seis fases del experimento. Los resultados se basan en observaciones directas y en la valoración crítica de las respuestas según criterios de coherencia táctica, integración de factores reales, claridad y utilidad operativa, todo ello realizado de manera propia.

La siguiente tabla (tabla 7) muestra la valoración media obtenida por cada modelo de inteligencia artificial en las distintas fases del experimento. Las puntuaciones reflejan la calidad, coherencia y aplicabilidad práctica de las respuestas en el contexto del planeamiento de misión.

Tabla 14. Medias de calificación por fase y modelo de inteligencia artificial. Fuente: Elaboración propia.

Fase	ChatGPT	Copilot	Gemini
Fase 1	8.00	7.60	7.40
Fase 2	9.33	8.00	8.67
Fase 3	8.33	6.33	8.33
Fase 4	7.00	6.00	7.33
Fase 5	8.00	6.75	7.50
Media global	8.13	6.94	7.45

Las puntuaciones confirman que ChatGPT obtuvo los mejores resultados globales, combinando precisión, razonamiento táctico y utilidad práctica. Gemini mostró un comportamiento sólido, aunque más teórico, mientras que Copilot presentó las mayores limitaciones en coherencia operativa y profundidad analítica.

La siguiente tabla (tabla 8) refleja el tiempo medio de respuesta de cada modelo durante las seis fases del experimento, medido desde la formulación de la pregunta hasta la finalización de la respuesta generada.

Tabla 15. Tiempo medio de respuesta (en segundos) por fase y modelo de IA. Fuente: Elaboración propia.

Fase	ChatGPT	Copilot	Gemini
Fase 1	12.00	9.00	10.17
Fase 2	14.00	11.00	10.33
Fase 3	13.00	11.00	12.00
Fase 4	14.33	11.67	12.33
Fase 5	14.33	9.67	11.67
Media global	13.53 s	10.47 s	11.30 s

Copilot respondió de forma más rápida, pero a costa de una menor calidad y coherencia táctica. ChatGPT y Gemini, aunque ligeramente más lentos, ofrecieron respuestas más detalladas, estructuradas y aplicables al planeamiento de misión, priorizando la exactitud sobre la rapidez.



El siguiente índice (tabla 9) resume la estabilidad del rendimiento de cada IA a lo largo de las distintas fases, valorando la regularidad en la calidad de las respuestas y su alineación con los criterios operativos del planeamiento de vuelo.

Tabla 16. Índice de consistencia táctica (escala 0–10). Fuente: Elaboración propia.

Modelo de IA	Coeficiente de consistencia táctica
ChatGPT	9.1
Gemini	8.4
Copilot	6.8

ChatGPT mantiene la mayor consistencia entre fases, con un comportamiento homogéneo y fiable. Gemini conserva un rendimiento equilibrado, mientras que Copilot muestra mayor variabilidad, alternando respuestas adecuadas con otras de escaso valor operativo.