



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS EXISTENTES DE MANDO Y CONTROL DE UNIDADES DE HELICÓPTEROS EN VUELO EN TIEMPO REAL

Autor

**ERIK FRANZ MÜHLEN RUIZ**

Director/es

Director académico: FRANCISCO VIÑADO LEREU

Director militar: SERGIO FERNÁNDEZ ANGUELA

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





---

*“El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la **oportunidad**”.*

*—Victor Marie Hugo.*

---





## Agradecimientos

A todos mis familiares, así como a mi pareja, por el apoyo moral en tiempos en los que se requirió tanto esfuerzo y dedicación para esta obra.

A todos los profesores del Centro Universitario de la Defensa que han colaborado en la realización de este trabajo aportando sus conocimientos y opiniones desde un punto de vista profesional y académico. Quiero agradecer sobre todo a mi director académico, fundamentalmente por su asesoramiento durante la realización del trabajo.

A todo el personal militar, tanto oficiales como suboficiales, que se prestaron a ayudar con su experiencia en el ámbito tratado, aportando toda la información solicitada e incluso más. Además, quiero agradecer también a todos los pilotos que accedieron a responder a la encuesta, elemento clave para el estudio. Pero fundamentalmente quiero agradecer a mi director académico por el esfuerzo dedicado a asesorar y ayudar a comprender mucha de la información recibida.

Agradezco profundamente a todas y cada una de las personas nombradas anteriormente por aportar su granito de arena a este trabajo, que de forma desinteresada y generosa ha contribuido, respondiendo a mis preguntas y peticiones dedicando tiempo: el más valioso recurso humano.

Gracias.





## RESUMEN

La rapidez de la evolución tecnológica en la actualidad supone para los ejércitos un nuevo frente de batalla. En este sentido, el objetivo de las Fuerzas Armadas de nuestra nación debe siempre tener altos estándares de exigencia para estar lo mejor preparados para un enemigo cada vez más difícil. Uno de estos frentes a combatir es la ventaja estratégica que se debe buscar tener siempre sobre el adversario, la cual se consigue a través de la rapidez y calidad en la toma de decisiones. En este sentido, se introduce el término de sistema de mando y control, herramienta fundamental para el jefe durante la misión.

Enfocado en el ámbito de la Aviación del Ejército de Tierra, se realiza un análisis y comparativa de las distintas alternativas existentes a la hora de adquirir un sistema de mando y control estándar que sea de utilidad para la flota de aeronaves que la componen. De modo que, tras un profundo estudio basado en la experiencia de nuestros pilotos de las Unidades de helicópteros, así como de los datos recogidos que avalan sus opiniones, se obtienen resultados acerca de la demanda de necesidades del tipo de sistema de mando y control que requieren para sus operaciones.

Tras el estudio de las posibilidades basado en encuestas, entrevistas, búsqueda de información y el uso de herramientas de análisis de la información, se halla con la solución óptima que se encuentra al alcance de las posibilidades operacionales del Ejército de Tierra: el sistema de Android Team Awareness Kit o ATAK en su versión militar para ejercer el mando y control de las aeronaves a tiempo real, adquiriendo con ella características que superan los estándares de exigencia propuestos en muchos aspectos. Con esta ventaja, el sistema ATAK resulta ser una oportunidad ideal para mejorar al máximo posible la conciencia situacional del mando sobre lo que ocurre con su Unidad en el campo de batalla, con su consecuente mejoría en la toma de decisiones durante el ejercicio, la operación o la misión.

Asimismo, la realización de este trabajo insta a una consecuente investigación que ahonde más en otros aspectos del tema y continuar el estudio de la posible implantación del sistema ATAK en las Unidades de Aviación del Ejército de Tierra, con el propósito de materializar este estudio en un proyecto de integración de este sistema que cuenta con el apoyo de un gran porcentaje de los pilotos de helicópteros del Ejército de Tierra.

## PALABRAS CLAVE

SISTEMA DE MANDO Y CONTROL, HELICÓPTEROS, ANDROID TEAM AWARENESS KIT.



## **ABSTRACT**

Today's rapidly evolving technology presents armies with a new battlefield. In this sense, the goal of our nation's armed forces must always have high standards in order to be as well prepared as possible for an increasingly difficult enemy. One of these fronts to be fought on is the strategic advantage that must always be sought over the adversary, which is achieved through speed and quality in decision-making. In this sense, the term command and control system is introduced, a fundamental tool for the commander during the mission.

Focusing on the field of Army Aviation, an analysis and comparison is made of the different existing alternatives when it comes to acquiring a standard command and control system that is useful for the fleet of aircraft of which it is composed. After an in-depth study based on the experience of our helicopter unit pilots, as well as the data collected to back up their opinions, results are obtained regarding the demand for the type of command and control system they require for their operations.

After studying the possibilities based on surveys, interviews, information searches and the use of information analysis tools, the optimal solution was found that is within the reach of the operational possibilities of the Army: the Android Team Awareness Kit or ATAK system in its military version to exercise command and control of the aircraft in real time, acquiring with it characteristics that exceed the proposed standards of demand in many aspects. With this advantage, the ATAK system is an ideal opportunity to improve as much as possible the commander's situational awareness of what is happening with his unit on the battlefield, with a consequent improvement in decision-making during the exercise, operation or mission.

Likewise, the completion of this work calls for further research into other aspects of the subject and the continuation of the study of the possible implementation of the ATAK system in Army Aviation Units, with the aim of materialising this study in a project for the integration of this system, which has the support of a large percentage of Army helicopter pilots.

## **KEYWORDS**

COMMAND AND CONTROL SYSTEM, HELICOPTERS, ANDROID TEAM AWARENESS KIT.



## INDICE DE CONTENIDO

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>V</b>
<b>PALABRAS CLAVE</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>KEYWORDS</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>X</b>
<b>INDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. PLAN DE PROYECTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1. PROYECTOS PREVIOS</b> .....	<b>9</b>
3.1.1. AVIATION MISSION PLANNING SYSTEM-AMPS .....	9
3.1.2. DATA LINK 16 .....	9
3.1.3. VARIABLE MESSAGE FORMAT - VMF .....	10
<b>3.2. SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>11</b>
3.2.1. C2S EN ZONA DE OPERACIONES .....	11
3.2.2. C2S EN TERRITORIO NACIONAL .....	12
<b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1. OBTENCIÓN DE REQUISITOS</b> .....	<b>13</b>
4.1.1. DATOS PROFESIONALES BÁSICOS DE PERSONAL ENCUESTADO ...	13
4.1.2. NECESIDADES QUE SE CONTEMPLAN PARA UN C2S .....	15
4.1.3. CLASIFICACIÓN DE REQUISITOS .....	17
<b>4.2. ANÁLISIS DE REQUISITOS</b> .....	<b>19</b>
4.2.1. SEGURIDAD DEL SISTEMA .....	20
4.2.2. LOCALIZACIÓN A TIEMPO REAL.....	21
4.2.3. FIABILIDAD DEL SISTEMA .....	21
4.2.4. INTEROPERABILIDAD DEL SISTEMA .....	22
4.2.5. INTERFAZ SENCILLA DEL SISTEMA.....	22



4.2.6. REDUNDANCIA DEL SISTEMA .....	22
<b>4.3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>23</b>
4.3.1. DESARROLLO DE UN C2S PROPIO APOYADO EN MEDIOS CIVILES YA EXISTENTES.....	23
4.3.2. UTILIZACIÓN DE UN C2S YA DESARROLLADO.....	25
4.3.3. COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS.....	31
4.3.4. ATAK COMO C2S ESTÁNDAR EN LAS UNIDADES DE AVIET.....	35
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>
5.1. LÍNEAS FUTURAS.....	38
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>41</b>
Anexo I. ACLARACIONES .....	43
Anexo II. ILUSTRACIÓN DEL OBJETIVO DEL VMF.....	45
Anexo III. ENTREVISTAS .....	47
Anexo IV. RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	53
Anexo V. DISPOSITIVOS DE LOCALIZACIÓN GPS.....	57



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bucle OODA.....	8
Figura 2. Representación del alcance de la ventaja estratégica/táctica en el bucle OODA.	9
Figura 3. Captura de pantalla de la situación de España en el momento de la elaboración del apartado. La leyenda a la izquierda muestra los distintos tipos de ataques cibernéticos. ....	21
Figura 4. Evolución deseada de la situación de mando y control al aplicar las medidas correspondientes de C2S.....	24
Figura 5. Respuestas de la encuesta de interés para el apartado 4.3.1 sobre los medios civiles.....	25
Figura 6. Samsung Galaxy S20 para operaciones tácticas en el que se puede ver la interfaz de usuario de ATAK en su pantalla.....	27
Figura 7. Esquema del problema a resolver según el modelo del Proceso de Análisis Jerárquico.....	32
Figura 8. Vista interior de la cabina del Boeing CH-47 F Chinook. ....	44
Figura 9. Integración plena del VMF para el uso de DL.16 como C2S. ....	45
Figura 10. Garmin Inreach.....	57
Figura 11. Spot Gen 3. ....	58



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de métodos por fases.....	5
Tabla 2. Esquema básico del mando y control de aeronaves del ET en ZO.....	11
Tabla 3. Resultado expresado en porcentaje de la escala a la que pertenecen los encuestados.....	14
Tabla 4. Resultado expresado en porcentaje de las horas de vuelo con las que cuentan los encuestados.....	14
Tabla 5. Resultado expresado en porcentaje de las Unidades de destino en las que los encuestados alegan haber trabajado.....	15
Tabla 6. Asignación de valores a las respuestas de la encuesta en función de su influencia e importancia.....	18
Tabla 7. Clasificación de los requisitos en orden de importancia, de mayor a menor, en base a los resultados numéricos obtenidos con la fórmula.....	19
Tabla 8. Conocimiento de la existencia del sistema ATAK de los encuestados.....	28
Tabla 9. Características destacables del sistema ATAK como C2S.....	31
Tabla 10. Escala de preferencias en el análisis AHP.....	32
Tabla 11. Matriz de valoración de requisitos en función de su importancia entre ellos.....	33
Tabla 12. Modelo de matriz de prioridades de las alternativas.....	34
Tabla 13. Ponderación final de cada alternativa.....	34



## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Cronograma del proyecto.....	4
Gráfico 2. Resultado expresado en porcentaje de las misiones internacionales en la que los encuestados han desplegado. ....	14
Gráfico 3. Resultado de las características que los encuestados consideran más significativas para un C2S efectivo para la óptima ejecución de la misión. ....	16
Gráfico 4. Respuestas expresadas en porcentaje de los encuestados sobre los C2S que han utilizado durante su trayectoria profesional.....	28
Gráfico 5. Respuestas con respecto al nivel de aceptación que tendría en sistema ATAK en AVIET.....	35



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- AHP: *Analytic Hierarchy Process*.
- AMPS: Aviation Mission Planning System.
- ATAK: *Android Team Awareness Kit* (civil) / *Android Tactical Assault Kit* (militar).
- AVIET: Aviación del Ejército de Tierra.
- BAUX: Base Auxiliar.
- BAV: Base Avanzada.
- BCG: Batallón de Cuartel General (de las FAMET).
- BFT: *Blue Force Tracking*.
- BHELA: Batallón de Helicópteros de Ataque.
- BHELEME: Batallón de Helicópteros de Emergencia.
- BHELMA: Batallón de Helicópteros de Maniobra.
- BHELTRA: Batallón de Helicópteros de Transporte.
- BIEM: Batallón de Intervención en Emergencias.
- BMS: *Battlefield Management System*.
- C2S: *Command and Control System*.
- C2W: *Command and Control War*.
- CAS: *Close Air Support*.
- CCA: *Close Combat Attack*.
- CESTIC: Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- CNI: Centro Nacional de Inteligencia.
- CONOPS: *Concept of Operations* / Concepto de Operaciones.
- COP: *Common Operational Picture*.
- DL: *Data link*.
- EEUU: Estados Unidos.
- ET: Ejército de Tierra.
- FAMET: Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra.
- FBCB2: *Force XXI Battle Command Brigade and Below*.
- FFAA: Fuerzas Armadas.
- GPS: *Global Positioning System*.
- I/A: Instrucción y Adiestramiento.
- IP: Internet Protocol.
- JEBHELEME: Jefe del BHELEME.
- LC: Línea de Coordinación.
- MCCE: Mando Conjunto del Ciberespacio.



- MIDS: *Multifunction Information Distribution System*.
- MOE: Mando de Operaciones Especiales.
- OODA: *Observe, Orient, Decide, Act*.
- OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.
- SA: *Situational Awareness*.
- SIM: *Subscriber Identity Module*.
- SIMACET: Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra.
- SITREP: *Situation Report*.
- TACOM: *Tactical Command*.
- TDL: *Tactical Data Link*.
- TN: Territorio Nacional.
- TOC: *Tactical Operation Center*.
- UHF: *Ultra-High Frequency*.
- UME: Unidad Militar de Emergencias.
- USAF: *United States Air Force*.
- VHF: *Very High Frequency*.
- VMF: *Variable Message Format*.
- VPN: *Virtual Private Network*.
- ZO: Zona de Operaciones.





# 1 INTRODUCCIÓN

A través de la evolución tecnológica constante en la que se ve imbuida toda organización militar que se precie, se puede señalar de manera más significativa la persecución de la eficacia y de la eficiencia, dos elementos que resultan clave a la hora de la preparación y desarrollo de las operaciones bajo cualquier ámbito de actuación.

A raíz de estos principios, combinado con los valores y obligaciones inherentes de nuestras Fuerzas Armadas (FFAA), nace el concepto de sistema de mando y control, con el propósito de brindar una información más detallada de lo que ocurre en el “campo de batalla”. La importancia en la toma de decisiones del jefe se ve agudizada con la existencia de herramientas como las que se verán en este trabajo, bien sea ejemplificadas o bien propuestas para el objetivo de este.

Este concepto de sistema de mando y control es extrapolable a cualquier unidad en la que se ejerza el mando sobre unidades móviles que estén ejecutando una misión o en coordinación con las mismas. Por ejemplo, el actualmente utilizado Link-16 para nuestros aviones de caza, o el TALOS GMV que usa la artillería española. Por ello, la flota de aeronaves de ala rotatoria con la que cuenta del Ejército de Tierra español es una gran candidata para el uso de estas herramientas, dada la naturaleza de sus operaciones en el espacio aéreo y movilidad de sus aeronaves.

La Aviación del Ejército de Tierra (AVIET) cuenta con medios que permiten distintos tipos de operaciones, desde helicópteros de transporte que realizan ejercicios junto con unidades paracaidistas hasta helicópteros de ataque capaces de abatir un objetivo con suma precisión. No obstante, el jefe de cada unidad de vuelo, independientemente de la misión que se esté ejecutando, necesita saber la situación en la que se ven envueltos sus subordinados para controlar una serie de factores y controlar la operación de la manera idónea. He aquí la razón de ser de este trabajo, y es que actualmente, no hay ningún sistema de mando y control estandarizado para las unidades de AVIET, por lo que cada unidad se ve obligada a utilizar medios propios para el desarrollo de sus maniobras.

Este análisis e investigación de las posibilidades existentes que a continuación se presenta, busca sembrar una semilla que germine en una innovación para los pilotos de la AVIET, que pretende iniciar una vía de desarrollo para lograr la plena integración de un sistema de mando y control estandarizado que permita la más eficiente y eficaz acción del mando.

Para ello, se busca una serie de posibilidades candidatas a ocupar el puesto de sistemas de mando y control (C2S o *Command and Control System*) de la AVIET cumpliendo determinados requisitos que satisfagan las necesidades actuales para las misiones tácticas genéricas de los helicópteros y, si es posible, adaptarse al tipo de misiones que realiza cada unidad. De esta manera, el objetivo final del trabajo es presentar una posibilidad de desarrollo o alegar la imposibilidad de cualquiera de las posibilidades estudiadas.





## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este trabajo es la propuesta de una solución para el problema expuesto en la introducción: analizar la viabilidad de la estandarización de un sistema de mando y control en las unidades de helicópteros del ET.

Por lo tanto, el objetivo general reside en descubrir la posibilidad de implantación de un C2S en la flota de aeronaves del ET.

Sin embargo, no proseguiremos sin antes conocer los objetivos específicos en los que se fundamenta este trabajo, que resultan del enfoque deductivo desde el que parte el mismo. Estos son los siguientes:

1. Búsqueda de las distintas alternativas existentes candidatas a convertirse en un C2S válido.
2. Realizar entrevistas a personal cualificado con experiencia en este ámbito para extraer los requisitos que debe tener un sistema de mando y control eficaz para las aeronaves de AVIET.
3. Estudiar los requisitos extraídos y establecer una comparativa entre las distintas opciones en base a estos requisitos.
4. Concluir cuál es la alternativa que más se adecúa a las necesidades establecidas, buscando siempre la eficiencia de los medios.
5. En caso de hallar un sistema de mando y control viable probarlo en una unidad de helicópteros, recibiendo así el *feedback* de pilotos de la AVIET.

Por otra parte, cabe destacar que el alcance de este trabajo no sobrepasará ciertos límites, como es el hecho de entrar en áreas técnicas propias de un mayor grado de profesionalidad, permitiendo la comprensión de la obra al público al que va dirigido. No obstante, para la propia realización se ha tenido que indagar en varios aspectos que abarcan explicaciones con abundantes tecnicismos, dado que el nivel de detalle que se puede alcanzar en este trabajo podría llegar a ser muy elevado. Es por esta misma razón por la que se ha contado con el apoyo de profesionales en la materia que sirven de guía para poder entregar el contenido del trabajo de una manera comprensible.

Sin embargo, se proporciona información lo más detallada posible de todos los aspectos que requieran análisis y comparativa de los sistemas de mando y control expuestos.

### 2.2 PLAN DE PROYECTO

La creación de este trabajo ha llevado varias fases, que siguen un orden lógico donde el flujo de información es creciente al avanzar en cada una, a la par del entendimiento del autor sobre el tema a tratar. De esta manera, podemos dividir este trabajo en las siguientes fases:

- **Fase 1ª:** Contextualización del tema a tratar, buscando un acercamiento más detallado al mundo de los sistemas de mando y control en el que se opera actualmente con las aeronaves del Ejército de Tierra, tanto en Territorio Nacional (TN) como en misiones internacionales, logrando así establecer un marco teórico y antecedentes para la obra.
- **Fase 2ª:** Búsqueda de los requisitos que debe poseer un sistema de mando y control para que sea considerado útil en su uso en distintos escenarios y situaciones, partiendo de la base tecnológica actual desde la que se suele operar en las distintas situaciones y misiones en las que se ven implicadas las aeronaves del Ejército de Tierra.



- **Fase 3ª:** Análisis de los requisitos obtenidos, haciendo hincapié en aquellos que resulten críticos para lograr la eficacia de un sistema de mando y control, adecuando las necesidades específicas de los pilotos.
- **Fase 4ª:** Búsqueda y comparación de las distintas alternativas existentes para ocupar el puesto de sistema de mando y control estándar en las unidades de AVIET. Esta comparación se hace en base al estudio previo de los requisitos obtenidos, descartando las opciones que no sean viables.
- **Fase 5ª:** Extracción de conclusiones y propuesta de la mejor alternativa para su posible implantación como sistema de mando y control preferente para las unidades de helicópteros.

Para representar cronológicamente las fases de este trabajo, se adjunta a continuación el Gráfico 1 a modo de cronograma Diagrama de Gantt:

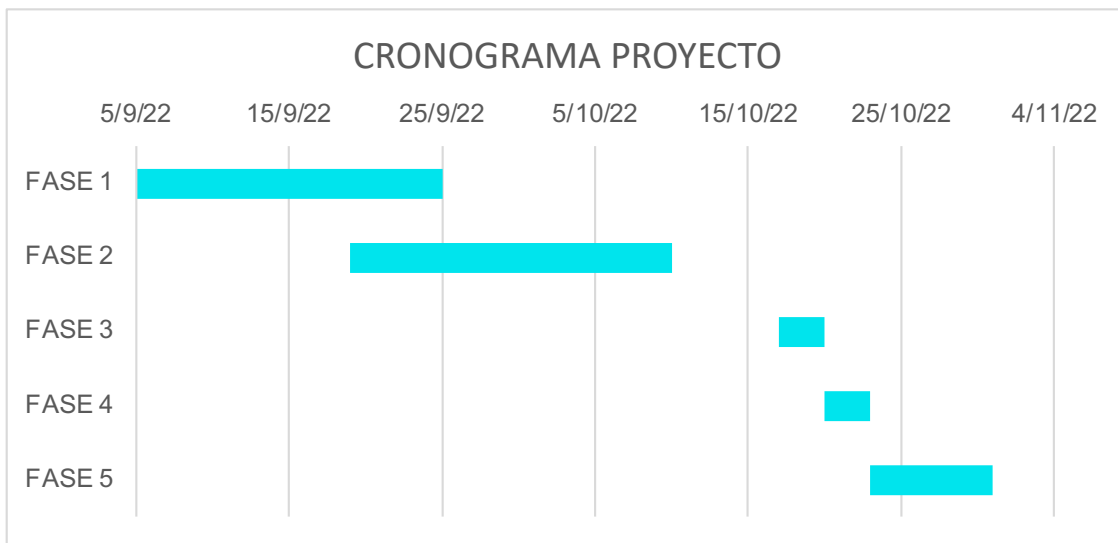


Gráfico 1. Cronograma del proyecto. Fuente: elaboración propia.

## 2.3 METODOLOGÍA

Desglosado el trabajo, se hace posible visualizar los métodos utilizados en cada fase de una forma más comprensiva, de manera que la información útil para el trabajo es obtenida por métodos cualitativos y cuantitativos. A continuación, se presenta en la Tabla 1 la clasificación de los métodos empleados en cada una de las fases:



Erik Franz Mühlen Ruiz

FASES	MÉTODOS CUALITATIVOS	MÉTODOS CUANTITATIVOS
FASE 1ª CONTEXTUALIZACIÓN, MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES	LECTURA DE ARTÍCULOS ENTREVISTAS INFORMALES	NO SE CONTEMPLAN
FASE 2ª BÚSQUEDA DE REQUISITOS	ENTREVISTAS A PERSONAL CON CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA EN C2S	ENCUESTA A PERSONAL CON EXPERIENCIA EN VUELO
FASE 3ª ANÁLISIS DE REQUISITOS	LECTURA Y USO DE ARTÍCULOS QUE AVALEN LA IMPORTANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CADA REQUISITO	ENCUESTA A PERSONAL CON EXPERIENCIA EN VUELO
FASE 4ª BÚSQUEDA Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	ENTREVISTAS A PERSONAL CON CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA EN C2S, INCLUIDAS LAS ALTERNATIVAS QUE SE COTEJAN	ANÁLISIS AHP DE LAS ALTERNATIVAS
FASE 5ª EXTRACCIÓN DE CONCLUSIONES Y PROPUESTA	LECTURA Y USO DE ARTÍCULOS QUE TRATEN LA PROPUESTA A FONDO	RESULTADOS ANÁLISIS AHP PRUEBAS DE LA PROPUESTA

Tabla 1. Clasificación de métodos por fases. Fuente: elaboración propia.





### 3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

El Artículo 8.1 de la Constitución declara que “Las Fuerzas Armadas, constituidas por el Ejército de Tierra, la Armada y el Ejército de Aire, tienen como misión garantizar la soberanía e independencia de España, defender su integridad territorial y el ordenamiento constitucional”. (Constitución Española, 1978)

Con este propósito claro, las FFAA de una nación centrarán sus esfuerzos en adaptarse a los tiempos para combatir las amenazas con la mayor eficacia posible, lo que conlleva una continua adaptación de sus medios y estrategias para alcanzar el éxito de la misión. De esta forma, los sistemas tradicionales de actuación dentro de la organización militar han ido evolucionando a la par de las tecnologías.

En este caso tratamos una herramienta que apoya al jefe en su toma de decisiones: un sistema de mando y control que le permita actuar de la mejor manera posible, al menos desde la existencia de los medios que lo hacen posible.

Este concepto de mando y control convertido en sistema se ha podido desarrollar a lo largo de los años, desde sus inicios con las órdenes a viva voz del jefe en los campos de batalla de no tanto tiempo atrás, a toda una compleja red de herramientas con las que en la actualidad puede contar un mando militar para llevar a cabo su adecuada toma de decisiones.

Entonces, ¿qué se busca exactamente con un sistema de mando y control? El concepto de mando y control busca alcanzar el cumplimiento de la misión mediante la responsabilidad y autoridad que recae sobre el mando, que ejercerá sobre sus subordinados y sus respectivos medios a cargo. Por ende, el sistema de mando y control persigue mantener una conciencia situacional o SA óptima y lograr una adecuada toma de decisiones y su consecuente transmisión de órdenes. De esta manera, desglosamos las funcionalidades que debe cumplir un C2S para el jefe en:

1. Obtención de la situación y localización en la Zona de Operaciones (ZO) de los subordinados y sus respectivos medios, con toda la información que esto conlleve.
2. Visualización y análisis de tal información para mantener la conciencia situacional o SA (*Situational Awareness*) lo más actualizada posible. Debe ser posible su difusión tanto vertical como horizontal en la cadena de mando.
3. Capacidad de transmisión de órdenes.
4. Control de la evolución de dicha información. (Cubeiro Cabello, 2001)

Cabe destacar este último punto, dado que da pie a profundizar en un reconocido e importante concepto en los procesos de mando y control de unidades: el bucle OODA (ver Figura 1).

Por sus siglas en inglés, OODA se traduce como Observación, Orientación, Decisión y Acción. Este “*OODA Loop*”, creado por el Coronel piloto de la USAF John Boyd tras su participación en la guerra de Corea como piloto de los *F-86 Sabre*, es un diagrama que representa un proceso de toma y ejecución de decisiones, en el que los sistemas de mando y control toman especial relevancia por su protagonismo en la *Command and Control War* (C2W).

La C2W entiende el sistema de mando y control como una herramienta que ejecuta cuatro tareas básicas secuencialmente, correspondientes a las siglas OODA:

- i. **Observación:** consiste en la tarea de recoger la información desde aquellos receptores/sensores que posea el C2S. En el caso de estudio, al encontrarnos en el nivel táctico los receptores serán, por ejemplo, sistemas de geolocalización o comunicación de mensajes y señales vía radio.



- ii. **Orientación:** esta tarea se encarga de dar el contexto a la información obtenida y convertirla en inteligencia, para poder comprender lo que sucede durante la misión.
- iii. **Decisión:** esta fase determina la decisión resultante de la perspectiva, visión y comprensión de la realidad que se presenta al mando correspondiente encargado de dar las órdenes.
- iv. **Acción:** consiste en la transmisión de órdenes y su respetiva ejecución. Para Boyd, en esta tarea cobra especial relevancia la rapidez, sorpresa y variabilidad de las acciones, que resultan clave para alcanzar la ventaja sobre el enemigo.



*Figura 1. Bucle OODA. Fuente: elaboración propia a partir de Prats Mari, J.M. (2001).*

Entonces, el objetivo de este diagrama es esquematizar los pasos que debe seguir un sistema de mando y control, así como establecer una herramienta de medida de la ventaja estratégica frente al enemigo en el ámbito de la C2W. Así, el principal objetivo de la C2W es romper, interferir, o modificar el ciclo de decisión del enemigo, es decir, su bucle OODA.

Ahondando en el propósito de este objetivo de la C2W, se puede traducir gráficamente en una representación de los bucles OODA de ambos frentes. A continuación, se presenta la Figura 2 donde el elemento que tiene una mayor ventaja táctica está representado por el color verde, y una línea discontinua que sirve de referencia para evidenciar su superioridad: mientras en el frente enemigo (naranja) está en su fase de decisión, el frente aliado (verde) ha realizado un bucle completo, alcanzando el siguiente proceso. Es por ello por lo que la rapidez con la que se realice la secuencia del bucle OODA resulta clave para tener una mayor garantía de éxito en la misión, y para tal objetivo se precisa de un adecuado sistema de mando y control.

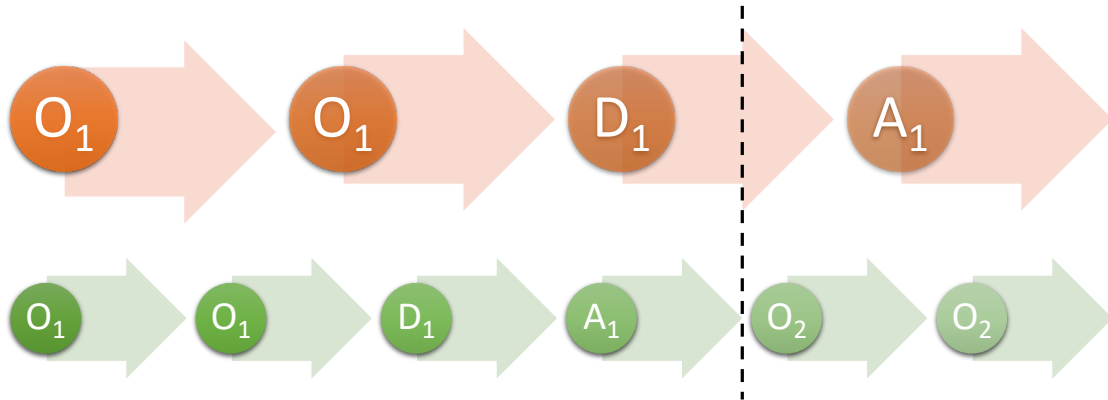


Figura 2. Representación del alcance de la ventaja estratégica/táctica en el bucle OODA.  
Fuente: elaboración propia a partir de Prats Marí, J.M. (2001).

### 3.1 PROYECTOS PREVIOS

La carencia de un sistema de mando y control estandarizado en las unidades de AVIET es un problema cuya solución se lleva persiguiendo desde hace años. A continuación, una recopilación de los estudios previos contemplados para servir como C2S en AVIET:

#### 3.1.1 AVIATION MISSION PLANNING SYSTEM-AMPS

Un ejemplo de ello es la creación del sistema AMPS, que nació con la idea de servir como C2S, pero debido a sus limitaciones de funcionamiento con los helicópteros, ha quedado en una herramienta útil para el planeamiento previo al vuelo de la misión.

Debido a que este sistema presenta un problema relacionado con el alcance de su frecuencia de transmisión de datos para ejercer sus capacidades operativas y funcionalidades secundarias, no cuenta como posible sistema de mando y control, por lo que no se profundizará en este sistema.

#### 3.1.2 DATA LINK 16

Por otro lado, la conocida red de enlaces tácticos de datos militares DL-16 (más conocido como Link 16), usada por los países integrantes de la OTAN y aliados, también es una excelente herramienta para ejercer el mando y control de las unidades aéreas.

El DL-16 es un enlace de datos de alta capacidad de salto de frecuencia, resistente a bloqueos de información. Esta red incluye elementos de enlace de DL-11, DL-11B, DL-4A Y DL-4C, a la vez que proporciona muchas capacidades nuevas y mejoradas con respecto a otras versiones anteriores. (Northrop Grumman, 2014)

Sin embargo, los helicópteros de la AVIET no cuentan con la capacidad de implementarlo en sus medios, excepto el recién llegado al BHELTRA V CH-47 F. Esto se debe a una incompatibilidad del software en sus sistemas y/o falta de medios que permitan su funcionamiento en las aeronaves.

En este sentido, y aludiendo a un ejemplo que está en condiciones similares, Australia ha optado por sustituir sus 22 helicópteros de combate *Eurocopter EC665 Tigre* por 29 helicópteros de combate *Boeing AH-64E Apache Guardian*. Entre las razones que declaran desde el Ministerio de Defensa australiano, destacan la previsible mejora de los sistemas de comunicaciones con esta nueva adquisición, tal y como es la obtención de la capacidad para usar el Link 16, clave para “mantener comunicaciones adecuadas en tiempo real con los E-7A Wedgetail de alerta temprana y control y los destructores de la clase Hobart”. (Calvo, L., 2021)



Por tanto, el DL-16 actualmente no reúne las condiciones para ser una alternativa a estudiar como objetivo primario en este trabajo dado que la flota de aeronaves de AVIET actualmente no está capacitada para ello.

### 3.1.3 VARIABLE MESSAGE FORMAT - VMF

Sin embargo, sí se ha sopesado la posibilidad de añadir medios TDL (*Tactical Data Link*) en los helicópteros para el enlace de datos tácticos: el estudio de implementación del DL-16 como objetivo principal quedó en segundo plano cuando se estudió la posibilidad de implementar el VMF en los helicópteros, con el cual sí se podría obtener funcionalidades de DL-16.

El formato de mensajes variable o VMF por sus siglas en inglés, es un proceso de mensajería estándar que utiliza protocolos de comunicación independientes de los medios de transmisión. (Northrop Grumman, 2014)

El último estudio del que se tiene constancia acerca de esta evolución para las unidades de helicópteros está recogido en un documento emitido por el Cuartel General de las FAMET (Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra) en 2012, cuyas bases de estudio no han cambiado hasta la fecha de realización de este trabajo, según el Teniente Coronel D. Juan Francisco Castillo Vega, jefe del Batallón de Cuartel General de las FAMET.

Este estudio, que abrió una vía de desarrollo a largo plazo, posee el objetivo de determinar una solución de enlace de datos tácticos (TDL) homogénea para las Unidades de helicópteros, ya que las capacidades de intercambio de información proporcionada por los enlaces de datos tácticos se consideran fundamentales para el ejercicio del mando y control, así como para el desarrollo de sus misiones. (Cuartel General de las FAMET, 2012)

La necesidad de intercambiar información que permita realizar con éxito las misiones encomendadas es cada día mayor. Este intercambio se debe garantizar, en tiempo útil, entre las fuerzas que intervienen en una operación. Así mismo, la evolución del Plan MC3 al concepto C4ISR, permitirá la integración de todo tipo de información en una única red, entre la cual está la soportada por los enlaces de datos tácticos. Para las Unidades de helicópteros, disponer de estas ventajas facilitaría:

1. Asegurar el mando y control en movimiento, mediante el enlace con la base auxiliar/avanzada, fuerzas propias y apoyadas.
2. Aumentar el tipo de misiones conjuntas y/o combinadas en las que se podría participar.
3. Disminuir o evitar el fuego fratricida en las operaciones.
4. Aportar a los distintos sistemas y Unidades los datos recogidos por sus sensores de EW y por las cámaras instaladas en las aeronaves.

Destacando el primer punto, el objeto de este estudio es poder establecer un sistema de mando y control eficaz para las aeronaves, donde esta posibilidad de enlace de datos tácticos permitiría integrar a las aeronaves en la orgánica de sistema de mando y control que tiene el ET: Battlefield Management System o BMS, y a su vez en el SIMACET. Y no solo eso, sino que también destaca en este documento la importancia que tiene la interoperabilidad a nivel OTAN, nombrando en este punto el DL-16, entre otros.

Pero ¿cómo lograr esta interoperabilidad y éxito de una red eficaz de enlace de datos tácticos en las zonas de operaciones de las aeronaves a tiempo real? El Ejército de Tierra apuesta por el VMF.

Su utilización se ha incrementado en Unidades terrestres y aéreas, en Ejércitos como el de EEUU y Australia, como sistema de coordinación e identificación en combates próximos, considerándose este protocolo como un complemento al DL-16, en misiones de apoyo Aire/Tierra. Asimismo, la utilización del VMF es una propuesta de futuro de la OTAN, y el Cuartel



General de las FAMET aboga por seguir el consejo de la organización para así poder lograr la plena integración de la AVIET en un sistema de mando y control útil para el vuelo en tiempo real, pero sobre todo eficiente y eficaz.

En el Anexo II se presenta gráficamente el funcionamiento como sistema de mando y control a alcanzar tras implementar el VMF en los medios.

## 3.2 SITUACIÓN ACTUAL

### 3.2.1 C2S EN ZONA DE OPERACIONES

Tras arrojar algo de luz sobre los estudios llevados a cabo hasta el momento con los C2S en AVIET, la cuestión que puede el lector plantearse es: si actualmente no hay un sistema de mando y control como tal, ¿cómo operan las Unidades de helicópteros desplegadas en ZO?

La respuesta a esta pregunta se obtuvo gracias a la entrevista con el Comandante D. Jorge Ginés Acero, que cuenta con 14 años de experiencia en las FAMET, habiendo sido en su último destino piloto del BHELTRA V. Dicha entrevista está recogida en el Anexo III, en la que el Comandante Ginés Acero accedió a comentar información acerca de lo que se concibe como sistema de mando y control en ZO, al menos en Irak, donde las condiciones en el ámbito de las comunicaciones son más exigentes que en otros países de despliegue como Mali.

En este punto, es esencial recordar que un sistema de mando y control se encarga de organizar los datos recibidos por sus sensores, centralizarlos y representarlos para ayudar así a la rapidez del bucle OODA. En el caso de las aeronaves desplegadas en Irak, el mando y control se ejerce, fundamentalmente de la manera presentada en la siguiente tabla (Tabla 2): un esquema básico para entender los medios utilizados y su funcionalidad.

OBJETIVO	MEDIOS UTILIZADOS	FUNCIONALIDAD
TRANSMISIÓN DE DATOS POR VOZ	RED RADIO DE COMBATE-RRC. FRECUENCIAS UHF/VHF	COMUNICACIÓN ENTRE LOS MIEMBROS DE LA PATRULLA DE AERONAVES Y COMUNICACIÓN CON UNIDADES TERRESTRES BAJO EL ALCANCE DE LAS RADIOS
	TELÉFONO IRIDIUM	COMUNICACIÓN CON EL PUESTO DE MANDO GRACIAS A SU CONEXIÓN POR SATELITE
GEOLOCALIZACIÓN	"SPOTTER" GEOLOCALIZADOR	ENVIAR DATOS CONTINUAMENTE AL PUESTO DE MANDO SOBRE LA POSICIÓN DE LA AERONAVE Y DESCARGAR ASÍ AL PILOTO DE COMUNICAR SU POSICIÓN CADA VEZ QUE SEA REQUERIDO

Tabla 2. Esquema básico del mando y control de aeronaves del ET en ZO. Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, esta información está apoyada con la entrevista telemática realizada con el Teniente D. Sergio Ibarra Domínguez, recogida en el Anexo IV. Durante, durante la realización de este trabajo, septiembre-octubre 2022, el Teniente Ibarra estaba desplegado en Irak, por lo que es una información de lo más actualizada.

El Teniente Ibarra afirmó que no se cuenta con un sistema de mando y control como tal, sino que se usan unos dispositivos de seguimiento de localización de las aeronaves que se sitúan en la cabina del helicóptero. Afirmó, además, que se cuenta con una RRC para el enlace interno entre patrullas y para la comunicación con unidades terrestres, limitada a unos 20-30 kilómetros.



Por esta misma limitación se establece enlace desde el TOC, o puesto de mando, con las aeronaves con medios de cobertura global (Iridium).

Es decir, la situación en 2022 no ha cambiado: no existe sistema de mando y control como tal ya que la información recibida no es organizada por ningún software y mucho menos está centralizada, sino que se usan los medios enunciados para ejercer el mando y control, teniendo datos de voz y geolocalización por diferentes medios.

### 3.2.2 C2S EN TERRITORIO NACIONAL

No obstante, es preciso aclarar los medios que se usan en TN, donde la conectividad y medios son mucho más avanzados, entre otras características esenciales que los hacen fácilmente maniobrables para unidades militares.

Las Unidades de helicópteros del ET logran el mando y control en base a las comunicaciones radio y, puntualmente, geolocalización por medio de un "spotter". No obstante, las navegaciones suelen apoyarse en medios civiles tales como las aplicaciones SkyDemon o TwoNav.

Cabe destacar que el Batallón de Helicópteros de Emergencia II (BHELEME II) cuenta con su propio sistema de mando y control, el cual es operado desde las inmediaciones de la cadena funcional de la que pertenecen: la UME. Una vez tramitada la orden de misión, tras el recibo por parte del JEBHELEME (Jefe del BHELEME II), las aeronaves y su tripulación, cuyo mando funcional es de FAMET, pasan bajo TACOM (*Tactical Command*) del Batallón de intervención en Emergencias (BIEM), un proceso normal ya que su mando operativo es la UME.

Entonces, esta Unidad no se encuadra dentro de las Unidades carentes de C2S y por ende tampoco en el estudio previamente mencionado con la posible integración del VMF a la flota de aeronaves.

Sin embargo, es preciso aclarar que para las Unidades de helicópteros del ET las zonas de trabajo son, generalmente, conocidas. Esto, junto con la cantidad de horas empleadas en vuelo usando este sistema en TN, hacen que la carencia de un sistema de mando y control estándar de aeronaves en vuelo en tiempo real no sea lo más relevante para misiones operadas en TN y esa es una de las causas por las que no existe una necesidad que se haga patente en las exigencias de AVIET.



## 4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Tras conocer la situación actual en la que las Unidades de AVIET operan, se puede hablar de una necesidad de obtener un C2S estándar para la operación con las aeronaves en sus misiones.

Como sistema de mando y control existen varias alternativas que podrían ejercer como tal, completando las necesidades y/o características propias de tal sistema. Sin embargo, este trabajo está enfocado en el ámbito del Ejército de Tierra, por lo que debe reunir una serie de requisitos altamente exigentes que se obtuvieron a través de la información recabada por medio de distintas herramientas. En este apartado se estudiará en profundidad cuál es el sistema de mando y control que reúne las características necesarias para su posterior propuesta como C2S estándar en AVIET.

Antes de continuar, es necesario informar al lector que la información recogida que en este trabajo se refleja es fruto de no sólo de entrevistas formales y la encuesta realizada, sino que también se mantuvo un intercambio de información con distinto personal que, bien sea por falta de tiempo o por la brevedad de la entrevista, no se puede reflejar en un anexo como tal, pero que resultó clave para la realización de la obra. Estos diálogos e intercambio de información van desde oficiales destinados en la unidad de vuelo de las Unidades como el Capitán D. Sergio Fernández Anguela hasta el Jefe del Batallón de Cuartel General el Teniente Coronel D. Juan Francisco Castillo Vega. De esta manera, se ha logrado elaborar este trabajo con la menor precariedad posible, cuyo objetivo ha sido en todo momento recabar información fehaciente para obtener una conclusión digna de estudios futuros.

### 4.1 OBTENCIÓN DE REQUISITOS

Los sistemas de mando y control candidatos a una propuesta para este trabajo deben reunir una serie de condiciones impuestas por las necesidades operativas que se plantean actualmente en las unidades, ya sea en el TN como en misiones internacionales.

El objetivo del trabajo, recordemos, es establecer un sistema de mando y control estándar para su uso en las aeronaves en los distintos tipos de misiones acometidas por la tripulación en vuelo y sus respectivos componentes. Por ende, quienes mejor pueden definir dichas necesidades o requisitos a cumplir son el propio personal con experiencia en vuelo, al que sin duda se recurrió.

Para conocer la opinión en base a la experiencia de este personal, se realizó una encuesta en la que más de 30 pilotos accedieron generosamente a responder y colaborar en este estudio. En primer lugar, se presentan unos datos profesionales básicos de los encuestados para analizar su nivel de experiencia y así conocer el valor de los resultados en base a sus logros y avances profesionales en el entorno aeronáutico.

#### 4.1.1 DATOS PROFESIONALES BÁSICOS DE PERSONAL ENCUESTADO

La información profesional extraída se muestra a continuación desde la Tabla 3 hasta la Tabla 5 con un mayor detalle visual y fidedigno a los métodos de la herramienta usada (*Google Forms*) presentado en forma de gráficos originales en el Anexo IV.



Erik Franz Mühlen Ruiz

ESCALA A LA QUE PERTENECE EL/LA ENCUESTADO/A	RESULTADOS EN PORCENTAJE
ESCALA DE OFICIALES	43,8 %
ESCALA DE SUBOFICIALES	56,3 %

*Tabla 3. Resultado expresado en porcentaje de la escala a la que pertenecen los encuestados. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.*

Esta pregunta se consideró significativa por el hecho de los diferentes niveles de planeamiento a los que se enfrentan los pilotos de distinta escala, en los que difiere los niveles en los que trabaja un suboficial de los que trabaja un oficial. De esta manera, se obtiene una visión realista de la situación global, con el objetivo de satisfacer las necesidades de ambos grupos, susceptibles los dos de utilizar el sistema de mando y control que se proponga en este trabajo.

Antes de proseguir, es necesario saber que tanto el curso de piloto de helicópteros militar que antes se realizaba al egresar como militar profesional como en la actual especialidad fundamental de AVIET, hay tanto oficiales como suboficiales, a diferencia de antaño en la que los suboficiales no disponían de dicha opción y, en consecuencia, no había pilotos suboficiales.

HORAS DE VUELO CON LAS QUE CUENTA EL/LA ENCUESTADO/A	RESULTADOS EN PORCENTAJE
ENTRE 500 Y 1000 HORAS	28,1 %
ENTRE 1000 Y 2000 HORAS	31,3 %
ENTRE 2000 Y 3000 HORAS	12,5 %
ENTRE 3000 Y 4000 HORAS	12,5 %
MÁS DE 4000 HORAS	12,5 %
"PREFIERO NO CONTESTAR"	3,1 %

*Tabla 4. Resultado expresado en porcentaje de las horas de vuelo con las que cuentan los encuestados. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.*

En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de horas de vuelo con las que cuentan los encuestados. Las horas de vuelo miden el nivel de experiencia en vuelo de un piloto, por lo que el punto de vista de un piloto con pocas horas de vuelo probablemente difiere de lo que pueda opinar un piloto más experimentado. No obstante, todos son pilotos y cada uno tiene sus propias experiencias, las cuales son todas válidas por igual.



*Gráfico 2. Resultado expresado en porcentaje de las misiones internacionales en las que los encuestados han desplegado. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.*



Tras la observación del Gráfico 2, se aprecia la gran participación del personal encuestado en misiones, donde predominan Irak y Afganistán: entornos donde la naturaleza del enemigo difiere de otros territorios como bien es el caso de Mali, que más tarde se comentará. Así, y a raíz del párrafo anterior, las horas de vuelo invertidas en esta variedad de misiones dotan a las respuestas posteriores de gran valoración.

Una puntualización acerca del Gráfico 2: las misiones en las que también han participado los encuestados constan de despliegues en Kuwait, Bosnia y Herzegovina, Líbano, Kosovo y Yugoslavia. Además, algunos de los encuestados indicaron que estuvieron más de una vez, en el caso de Irak y Afganistán. Estos datos reflejan el valor de los resultados que con la encuesta podemos obtener, a pesar de ser una muestra relativamente pequeña. Existe una aclaración a este respecto en el Anexo I.

UNIDADES EN LA QUE HA ESTADO DESTINADO/A EL/LA ENCUESTADO/A	RESULTADOS EN PORCENTAJE
BHELA I	18,8 %
BHELEME II	9,4 %
BHELMA III	12,5 %
BHELMA IV	15,6 %
BHELTRA V	68,8 %
BHELMA VI	0 %
BCG	21,9 %

*Tabla 5. Resultado expresado en porcentaje de las Unidades de destino en las que los encuestados alegan haber trabajado. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.*

Por último para este apartado, en la Tabla 5 se recopilan las Unidades en la que el personal encuestado ha estado destinado. Se observa así que la muestra que nos brinda la información ha tenido la oportunidad de operar según los procedimientos de las distintas Unidades de helicópteros y poseer así distintos puntos de vista a la hora de responder las preguntas de la encuesta acerca de los sistemas de mando y control.

Se concluye tras estos datos profesionales básicos que el personal encuestado es personal cualificado que aporta un valor notable a las respuestas, pudiendo apoyarse en estos resultados con garantías de que representan la opinión fidedigna de los pilotos de AVIET que componen distintas Unidades y que en un futuro son susceptibles de usar el sistema de mando y control estándar que en este trabajo se proponga.

Además, en esta obtención de requisitos se contó con la gran ayuda de la entrevista al piloto D. Jorge Ginés Acero que más tarde se detallará.

#### 4.1.2 NECESIDADES QUE SE CONTEMPLAN PARA UN C2S

El perfil de C2S que se busca en este trabajo debe cumplir unas condiciones que cubran ciertas necesidades.

Para una primera toma de contacto en busca de dichas necesidades, se recurre de nuevo a la entrevista realizada al Comandante Ginés Acero, en la que se obtuvo su valiosa opinión tras estar recientemente en Irak. Tras un prolongado uso como mando y control de las comunicaciones por teléfono Iridium y una localización actualizada por voz, y a veces un “spotter” de una empresa civil que actualizaba la posición, el Comandante Ginés Acero concluyó que:

- “Lo primero que debería caracterizar a un C2S debería ser su **fiabilidad**, es decir, debe tener capacidad para enlazar con la unidad que está desplegada en cualquier momento y cualquier circunstancia”, expresó el Comandante. Y es que con esta afirmación señaló



los problemas derivados de la presencia de obstáculos debido a la orografía que dificultan enormemente la señal de la radio de contacto dadas las limitaciones de alcance de las distintas frecuencias en las que operan los radios.

- “Lo segundo que debe de ser es **seguro**, sobre todo ahora con el entorno en el que vivimos repleto de amenazas cibernéticas resulta de una gran importancia.”

En este aspecto, el entrevistado destacó los peligros de los ataques cibernéticos. Señala que, además de conocer la posición de la aeronave, el enemigo podría llegar a encontrar la posición fija del puesto de mando, lo cual tendría unas consecuencias devastadoras para la misión, teniendo acceso a toda la información de esta posición.

- “Además, el sistema debe de ser **redundante**, tener alternativas. (...) debe ser, además de capaz de resistir un ataque, redundante con otro sistema que, aunque no posea las mismas características, asegure unos mínimos.” Con esta medida, se busca una garantía de operatividad en todo el proceso del sistema de mando y control.
- “Sin embargo, no hay que olvidar que el piloto tiene mucha atención que poner a su vuelo y a todo lo que le concierne, por lo tanto, debe ser un **sistema intuitivo, amigable, sencillo**.” Por ello es importante que el C2S posea una interfaz sencilla para el usuario, evitando una carga excesiva sobre el piloto.

Finalmente, de esta entrevista formal podemos concluir que, a raíz de sus 14 años de experiencia en las FAMET, el Comandante D. Jorge Ginés Acero considera que un sistema de mando y control, para que sea efectivo, debe ser: **fiable, seguro, redundante y sencillo en su uso**.

Sin embargo, no podemos basar los requisitos realizados en este trabajo únicamente en la experiencia de un piloto, por lo que es el momento de acudir a los resultados de la encuesta.

Las preguntas realizadas en este aspecto constan de dos vías para obtener los requisitos: de una manera directa y de otra indirecta.

En el caso de la manera directa, se formuló una pregunta en la que los encuestados debían elegir máximo 3 opciones de las existentes, teniendo como opciones ciertos requisitos que han tomado relevancia, no solo tras la entrevista formal anterior, sino con los diálogos establecidos en diversos momentos que ya se ha mencionado al inicio de este capítulo. Se adjunta en el Gráfico 3 los resultados obtenidos respecto a las características más importantes que un C2S debe tener:



Gráfico 3. Resultado de las características que los encuestados consideran más significativas para un C2S efectivo para la óptima ejecución de la misión. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.



Gracias a los resultados de esta pregunta, se puede observar la gran importancia que tiene para los pilotos que un sistema de mando y control permita una **localización a tiempo real**, sea **seguro** e **interoperable**, en ese orden. No obstante, no hay que dejar de lado las características de fiabilidad y de interfaz sencilla, que también se aprecia su valoración.

Por otra parte, y con el objetivo de extraer más requisitos de una manera indirecta, se formuló la siguiente pregunta abierta:

*“Actualmente en ZO el ET no cuenta con un sistema de mando y control, sino que se basa en medios radio, medios de intercambio de datos de voz de conexión satelital como el Iridium y sistemas de posicionamiento a través de dispositivos como los de Garmin.*

*En caso de haber trabajado con este método, ¿qué carencias detecta (si lo hace) en este proceso de mando y control?”*

Las respuestas obtenidas fueron, en su mayoría, enfocadas en:

- Fallos de comunicaciones por los límites de alcance por distancia u orografía.
- Respecto a la localización GPS, en la que algunos indican el uso de medios civiles, y otros, la pérdida de cobertura en algunos casos o la lenta actualización de la posición.
- Dependencia de medios de otros países en los que las Unidades se ven obligadas a integrarse por falta de recursos de mando y control propios al nivel de los aliados.

Entonces, de estas afirmaciones se extrae de nuevo la necesidad de que el sistema sea **fiable** en su funcionamiento e **interoperable** con los medios de ejércitos aliados.

#### 4.1.3 CLASIFICACIÓN DE REQUISITOS

En este apartado se realiza una clasificación de los requisitos según la importancia que estos adquieren y se refleja en los resultados del proceso de su obtención. Para ello, se utiliza una ponderación que se asigna a cada elemento que aporta información tanto en entrevista como en encuesta, estableciendo un valor diferente a cada uno.

Partiendo de la base de la pregunta que previamente se estableció como método directo de obtención de requisitos en la encuesta, se establecen los valores asignados de la siguiente manera, expresada en la Tabla 6:



GRUPO	CARACTERÍSTICA DE RESPUESTA	VALOR ASIGNADO POR CARACTERÍSTICA	VALOR ASIGNADO POR GRUPO
ESCALA	ESCALA DE OFICIALES	7	4
	ESCALA DE SUBOFICIALES	3	
NÚMERO DE HORAS DE VUELO	ENTRE 500 Y 1000 HORAS	1	8
	ENTRE 1000 Y 2000 HORAS	3	
	ENTRE 2000 Y 3000 HORAS	5	
	ENTRE 3000 Y 4000 HORAS	6	
	MÁS DE 4000 HORAS	8	
	"PREFIERO NO CONTESTAR"	0	
MISIONES EN LAS QUE HA PARTICIPADO	IRAK	10	7
	AFGANISTÁN	8	
	MALI	6	
	OTROS DESPLIEGUES	5	
	NINGUNA	0	
UNIDADES DE DESTINO EN LAS QUE HA ESTADO	BHELA I	1	3
	BHELEME II	0,33	
	BHELMA III	1	
	BHELMA IV	1	
	BHELTRA V	1	
	BHELMA VI	1	
	BCG	1	

Tabla 6. Asignación de valores a las respuestas de la encuesta en función de su influencia e importancia. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.

La valoración de cada elemento se establece del 1 al 10 dentro de cada grupo, siendo el 1 que no influye y el 10 una influencia muy importante. Así como el 0 invalida la valoración del elemento. Para conocer qué criterio se siguió para la asignación de valores, consultar el Anexo I.

Una vez establecida la valoración de los resultados de cada respuesta a esta pregunta de manera individual, se considera de una elevada importancia los requisitos comentados por el Comandante entrevistado, por lo que cada uno de estos requisitos comenzará con una valoración 8 veces mayor a la inicial.

La fórmula para obtener de forma numérica la importancia de cada requisito, cuyo valor inicial equivale a 1, es la siguiente:

$$VR = \alpha \frac{[\sum(Vg \times Vc)]}{100}$$

$\alpha = 1 \rightarrow$  No está entre los requisitos importantes extraídos de entrevista

$\alpha = 1,25 \rightarrow$  Está entre los requisitos importantes extraídos de entrevista



Para el uso de la anterior fórmula se asume que VR es Valor de Requisito, Vg es Valor de grupo, Vc es Valor de característica y  $\alpha$  la valoración correspondiente a los requisitos marcados o no marcados como importantes de la entrevista. Una vez analizada cada respuesta por individual, los resultados obtenidos para cada requisito son los mostrados en la Tabla 7, ya ordenados de mayor a menor importancia:

REQUISITO	$VR = \alpha ((\sum(Vg \times Vc))) / 100$
SEGURO	34,1
LOCALIZACIÓN EN TIEMPO REAL	27,3
FIABLE	19,83
INTEROPERABLE	19,78
INTERFAZ SENCILLA	19,38
REDUNDANTE	6,4
COMUNICACIÓN ENTRE AERONAVES	2,06
INTEGRACIÓN EN SISTEMAS DEL HELO	1,23

*Tabla 7. Clasificación de los requisitos en orden de importancia, de mayor a menor, en base a los resultados numéricos obtenidos con la fórmula. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.*

Gracias a una clasificación en base al estudio y cálculo de la fórmula expuesta, junto las valoraciones de cada respuesta, se pudo definir un orden de importancia para los diferentes elementos. Para la continuación del desarrollo de este trabajo, se tendrán en cuenta todos los requisitos, pero ahondando en aquellos que hayan obtenido una calificación mayor. En este caso, estudiaremos más en profundidad los cinco primeros en orden de importancia en el siguiente subcapítulo.

## 4.2 ANÁLISIS DE REQUISITOS

Para una mejor comprensión de las necesidades a cubrir con los requisitos obtenidos, se realiza en este apartado un análisis más detallado que busca encontrar el objetivo de cada uno y las deficiencias o consecuencias de no poseerlo. De esta manera este apartado pretende concienciar al lector de la importancia que tiene el cubrir dichas necesidades. No obstante, tampoco se busca profundizar en aspectos técnicos ya que no forma parte del objetivo de este subcapítulo.

Antes de continuar, se considera importante conocer tanto las características de las operaciones en helicópteros que afectan al mando y control como sus requerimientos, que se detallan a continuación, comenzando por sus características:

- Grandes distancias entre las BAUX/BAV y la zona de desarrollo de la misión.
- Integración en Fuerzas Conjuntas y/o Combinadas, con pequeñas formaciones de vuelo.
- Situaciones cambiantes en un corto espacio de tiempo.
- Operaciones dependientes de la oportunidad.



- Ausencia de frentes definidos.
- Gran importancia de las operaciones *Close Air Support (CAS)* Y *Close Combat Attack (CCA)*.

Asimismo, el desarrollo de este tipo de operaciones requiere:

- El ejercicio del Mando y Control a grandes distancias de las aeronaves.
- La posibilidad de cambiar, anular o autorizar la misión en vuelo.
- Identificar sin margen de error las Unidades propias y las apoyadas en una operación. (FAMET, 2012)

#### 4.2.1 SEGURIDAD DEL SISTEMA

La dimensión virtual es un elemento más para tener en cuenta en el planeamiento actual de cualquier misión y que se integra dentro del concepto de campo de batalla. Sin embargo, hay que abordarlo con los respectivos medios. En el ámbito de este trabajo, se traduce en poseer un sistema de mando y control con capacidad para hacer frente y oponer resistencia a las amenazas cibernéticas y contra las comunicaciones que sufra el propio sistema.

Se entiende por seguridad del sistema como la característica que lo hace resistente a los ataques cibernéticos o de la información que es propenso a sufrir. Los intereses de ataque al sistema de mando y control de una Unidad en ZO ya de por sí son elevados por el objetivo general del enemigo de contrarrestar las fuerzas, y más en las fuerzas aeromóviles que son una gran ventaja para la operación de las Unidades terrestres. Sin embargo, no en todos los despliegues poseen los mismos niveles de amenaza.

Para poner un ejemplo de la situación actual de ciberataques a gran escala, España es un buen candidato, dado que la probabilidad de sufrir un ataque cibernético actualmente en España es muy alta. Kaspersky, una compañía internacional dedicada a la ciberseguridad que implica a aproximadamente 195 países, posee un mapa que indica a tiempo real los ciberataques que sufre un país, y en el momento de elaboración de este apartado, España se sitúa en el puesto número trece a nivel global (Kaspersky, 2022) (ver Figura 3). Para ello, y en el ámbito de Defensa, nuestra nación cuenta con organizaciones encargadas exclusivamente a hacer frente a estos ataques, como el Mando Conjunto del Ciberespacio (MCCE).

En este contexto, se puede poner un ejemplo entre Mali e Irak: los recursos de las fuerzas hostiles de Irak para realizar ataques de este tipo eran mayores, así como la probabilidad de sufrirlos. Por otro lado, en Mali, las aeronaves desplegadas y sus correspondientes sistemas tenían un menor nivel de amenaza, por lo que se pudo probar el funcionamiento de algunos posibles sistemas de mando y control.

No obstante, en este caso no se busca una solución acorde a las distintas situaciones en las que operan las aeronaves en misiones internacionales, sino que se busca minimizar el riesgo lo máximo posible, incluso para la operación en TN.

Teniendo en cuenta que la seguridad del sistema es un requisito de primer orden en este trabajo, hay que apostar por un **sistema de mando y control seguro** capaz de resistir este tipo de ataques, independientemente del nivel de amenaza en el lugar de despliegue. Las consecuencias de escatimar en este aspecto pueden ser devastadoras: desde el espionaje y bloqueo del sistema, hasta la propia localización y filtración de información del puesto de mando con sus consecuencias asociadas.

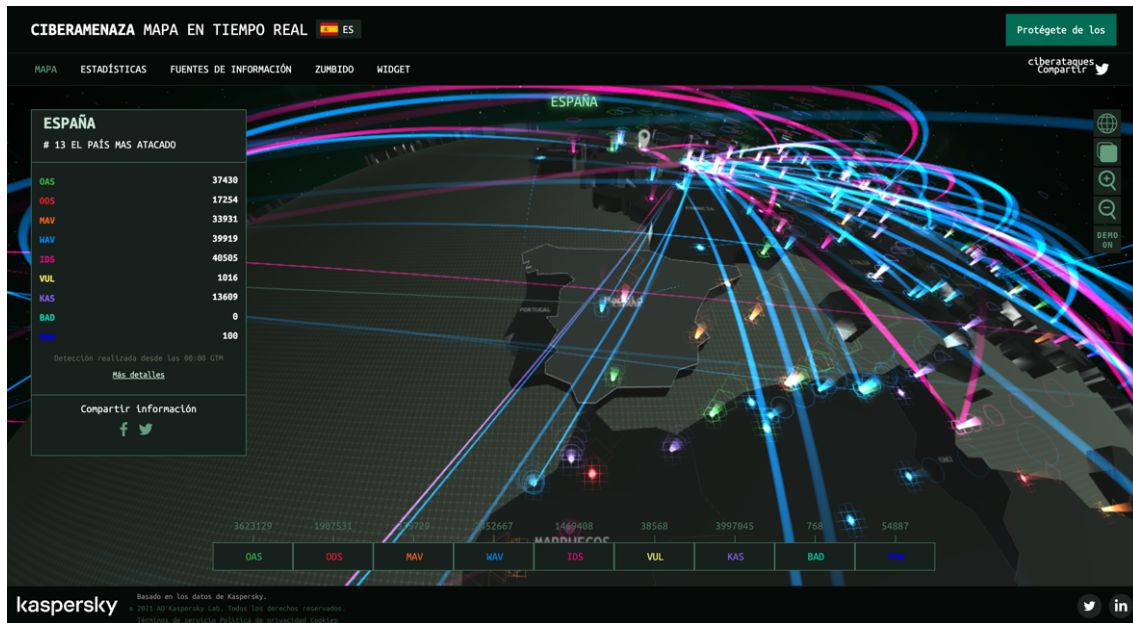


Figura 3. Captura de pantalla de la situación de España en el momento de la elaboración del apartado. La leyenda a la izquierda muestra los distintos tipos de ataques cibernéticos. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.

#### 4.2.2 LOCALIZACIÓN A TIEMPO REAL

Regresando a las características de las operaciones de helicópteros ya expuestas, se observa la situación cambiante como una de sus principales.

Derivado de las desventajas que suponen actualmente los medios que se utilizan para la geolocalización surge esta necesidad, que los pilotos consideran de suma importancia para que el jefe de la unidad pueda tomar las decisiones adecuadas. Los helicópteros alcanzan altas velocidades de movimiento, pudiendo desplazarse sobre el terreno en cualquier dirección, generalmente con la única limitación de la amenaza enemiga. Para ello es fundamental que el jefe tenga conocimiento de dónde se encuentra la unidad y sus aeronaves.

Con la cumplimentación de este requisito se busca descargar al piloto de la tarea de comunicar continuamente por radio su posición. Además, también se pretende evitar sistemas con un tiempo de actualización tardío.

Actualmente los problemas derivados del posicionamiento de aeronaves se producen por el uso de medios civiles, que trabajan con una red de datos como pueden ser la 3G/4G/5G. Entonces, con este método las aeronaves dependen de la cobertura de datos y capacidades que proporcionen los medios del país en los que se encuentre. Además, el tiempo de actualización de posicionamiento de la aeronave no es a tiempo real.

La orografía también juega un papel importante, dado que los obstáculos naturales pueden crear situaciones de desconexión con los medios que proporcionan cobertura.

Para lograr una localización a tiempo real que tenga una gran garantía de éxito en cualquier posición, eliminando la dependencia a la cobertura de datos y la orografía como problemas, es necesario acudir a un sistema que cuente con una **conexión directa por satélite**.

#### 4.2.3 FIABILIDAD DEL SISTEMA

Se entiende por fiabilidad como la probabilidad de funcionamiento de un sistema, por lo que se busca una elevada fiabilidad en un C2S.



Si se selecciona un sistema de mando y control que no es fiable, o tiene un bajo nivel de fiabilidad, la probabilidad de fallo de este y consecuente necesidad de recurrir al sistema alternativo es alta.

La solución a esta necesidad guarda estrecha relación con la localización a tiempo real, dado que obtener un sistema de mando y control basado en una conexión por satélite permitiría el proceso de mando y control con una elevada **garantía de éxito en su funcionamiento**. Así, el perfil que se busca obtener de un C2S también debe poseer esta característica para que sea efectivo.

#### 4.2.4 INTEROPERABILIDAD DEL SISTEMA

Los medios de los que dispone la AVIET a fecha de este trabajo, además de no contar con un C2S estándar en sus Unidades, tampoco disponen de sistemas o medios que permitan el mando y control interoperables a nivel OTAN, al menos al nivel en el que actualmente se opera. Este factor genera una dependencia de medios con aquellos aliados que presten sus servicios para la integración total y efectiva de los helicópteros en las operaciones en ZO.

Las Unidades de helicópteros desplegadas, por lo general, no operan independientemente, y se ven imbuidas en operaciones que conllevan el trabajo con personal y medios de otros países. Por ende, el sistema de mando y control debe de cumplir el requisito de interoperabilidad para lograr su **integración con el resto de los países** con los que normalmente trabaja.

#### 4.2.5 INTERFAZ SENCILLA DEL SISTEMA

Durante el ejercicio de vuelo, independientemente del tipo de misión (enseñanza, Instrucción y Adiestramiento - I/A, operaciones en ZO, etc.) tanto el piloto a los mandos como el comandante de aeronave, tienen ya de por sí mucha carga de trabajo.

Cabe destacar en este punto que cuanto más cercano al suelo se vuela, mayor atención de ambos requerirá la situación, ya sea por la proximidad al suelo y presencia de obstáculos naturales y/o artificiales, por la importancia de seguir el itinerario marcado o por otras muchas razones relacionadas a los aspectos tanto técnicos de la aeronave como tácticos de la misión. En las operaciones más sensibles se emplea este tipo de vuelo.

Por ello, para no afectar, o afectar lo mínimo posible, a la atención de los pilotos no se puede caer en el error de implementar un sistema al ejercicio de vuelo que requiera una difícil comprensión. Se debe buscar un sistema de mando y control con una **interfaz de uso intuitiva y sencilla**, para no interferir en la atención dedicada a los cometidos asociados tanto a la seguridad táctica como la seguridad de vuelo.

#### 4.2.6 REDUNDANCIA DEL SISTEMA

En este caso, este requisito obtuvo una calificación de 6,4 con la fórmula de VR. Sin embargo, se decidió explicar en este apartado ciertos aspectos acerca de este que el autor consideró importantes tener en cuenta.

La redundancia del sistema, entendida como la característica de tener una alternativa en caso de fallo de cualquier contingencia (ver Anexo I), es un requisito que se marcó como importante durante la entrevista y, a diferencia de los otros tres que también se marcaron como importantes, no obtuvo una alta calificación. Para explicar esto es necesario retroceder al apartado del capítulo 3 en el que se explica la situación actual y los medios que se usan en ZO.

Este requisito se verá cubierto en caso de que el sistema de mando y control elegido presentase algún problema por el que su operatividad se viese degradada o que incluso afectase a su funcionamiento, dado que la alternativa consiste en retroceder al uso de los sistemas citados en la Tabla 1 para ejercer el mando y control. No obstante, se asumirían de nuevo los riesgos asociados a este procedimiento de mando y control.



## 4.3 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

Una vez obtenido el perfil del sistema de mando y control que se busca para solventar la carencia que existe en AVIET, en base a los requisitos obtenidos y la información subyacente a todas las respuestas de pregunta abierta de la encuesta, junto a la entrevista formal y las entrevistas informales realizadas para la elaboración de este trabajo, se puede saltar a la siguiente línea de acción: encontrar la solución al problema.

Es preciso recordar en este punto, que el objetivo de este trabajo es proponer una solución transitoria mientras se desarrolla el VMF, que cubrirá todas las necesidades, incluso haciendo operativas funcionalidades como las de DL-16. Sin embargo, la fecha de implantación del VMF en los medios del Ejército de Tierra para los helicópteros es incierta y, probablemente, lejana. He aquí la razón de ser de este trabajo.

Para encontrar una solución que se adapte al perfil elaborado de C2S, se procede a analizar las 3 alternativas que se han contemplado en este trabajo, para finalizar seleccionando la que mejor se adecúe a las necesidades operativas de AVIET.

A continuación, se estudian las alternativas recogidas durante el proceso de obtención de información y la propia elaboración del trabajo.

### 4.3.1 DESARROLLO DE UN C2S PROPIO APOYADO EN MEDIOS CIVILES YA EXISTENTES

Una de las alternativas que se han sopesado es el desarrollo de un sistema de mando y control de los helicópteros propio, apoyado en el uso de medios civiles que puedan aportar las funcionalidades de un sistema de mando y control. En este caso, se tratan los aspectos críticos que un C2S debe tener y que el autor analizó, en base a la información obtenida previamente, en caso de usar esta alternativa.

En primer lugar, los objetivos que debería alcanzar un sistema de mando y control deben mejorar la situación actual, por lo que debería ser capaz de:

- Transmitir datos de voz: la transmisión debe ser en ambos sentidos, permitiendo tanto la transmisión de órdenes como los SITREP o *Situation Report* que las unidades necesiten realizar, así como cualquier intercambio de información que se precise. Esto debería lograrse por medios radio civiles de alta fiabilidad, abogando por la conexión satélite, tal y como sucede con el teléfono Iridium.
- Posicionamiento/localización de las aeronaves: en este sentido se contemplaría la posibilidad de mantener los medios actuales, dado que la mayoría de los helicópteros de la AVIET poseen medios de geolocalización ya instalados en cabina.
- Actualización del campo de batalla: se considera importante este aspecto para agilizar la misión y facilitar la comprensión de la situación y operación que se lleve a cabo durante el uso del sistema. Esto se traduce en la posibilidad de cambiar líneas de coordinación (LC) sobre el terreno; posicionar las unidades propias, las aliadas y las enemigas; adjuntar información de interés sobre el campo de batalla; etcétera.

Para conseguir que los puntos anteriores formen un sistema de mando y control, sería preciso disponer de un software capaz de integrar todas las funcionalidades que aportasen los medios correspondientes en una aplicación que permita ver toda la información en común.

Esta información en común tiene un nombre para describir el resultado físico de las funciones de un sistema de mando y control: la imagen de operación común o COP por sus siglas en inglés (*Common Operational Picture*).



El término COP, entre varias de sus definiciones, puede referirse a pantallas que se usan para describir una representación visual de información táctica, operativa y estratégica destinada a generar conciencia situacional (Steen-Tveit, Munkvold, 2021). Así, el proceso de toma de decisiones del mando incluye una mejora instantánea gracias a la comprensión de dicha conciencia situacional (SA) extraída de la COP.

No obstante, sin un software y sus medios físicos asociados que permitan visualizar la información, la situación no evolucionaría en pro de ninguna mejora significativa para el mando y control. El objetivo es lograr una transición de la situación expuesta en el caso 1 a la expuesta en el caso 2 de la Figura 4 mostrada a continuación.



*Figura 4. Evolución deseada de la situación de mando y control al aplicar las medidas correspondientes de C2S. Fuente: elaboración propia a partir de Álex Ricordi (2019) y ESRI (2022).*

Con la finalidad de despejar dudas sobre aspectos más técnicos y facilitar la comprensión de la ejecución de esta alternativa, se optó por contactar con *Garmin*, una empresa dedicada exclusivamente a la tecnología GPS y que ofrece diversos productos para la aviación.

Sin embargo, tras varios intentos, la empresa decidió no facilitar información sobre estudios llevados a cabo con las FAMET por clasificarse como información sensible, eliminando así la posibilidad de ofrecer el punto de vista de la empresa y ahondar en algunos detalles técnicos que podrían haber sido de utilidad.

Aun así, existe el precedente de uso de uno de sus modelos, así como de otro modelo usado previamente al de *Garmin* de la empresa *Globalstar* (ver Anexo V) que cumple en algunos casos con la funcionalidad que ya se ha mencionado en este trabajo: ser un *spotter* o dispositivo de geolocalización anexo a la cabina. Así lo confirma tanto el Capitán Anguela, encuadrado en la Unidad de vuelo del BHELTRA V, como el entrevistado Comandante Ginés Acero.

No obstante, no hay que olvidar la opinión de los pilotos, una fiel expresión de la realidad. Sobre todo, en la cabina del helicóptero que vuela sobre el campo de batalla y sus respectivas amenazas.

Acudiendo a la pregunta abierta que previamente se abordó en el apartado 4.1.2, se encuentran algunas respuestas interesantes a tomar en cuenta, expuestas en la Figura 5:



He trabajado con medios Garmin y fallan bastante en la actualización de posición. Los planos tardan mucho en cargar en los ordenadores también y se quedan bloqueados al darle más zoom o precisión. El sistema ATAK falla menos, es más preciso en la actualización de posición, mejor resolución de los planos y el envío de mensajería no está limitado.

El Iridium no se entiende muy bien las conversaciones y el Garmin no es seguro.

Dependencia de compañías civiles o de otros países aliados, continuos fallos o falta de cobertura y facilidad de jamming, localización o escucha.

Zonas de pérdida de señal GPS. Al utilizar medios GSM, pérdida de cobertura

Figura 5. Respuestas de la encuesta de interés para el apartado 4.3.1 sobre los medios civiles. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.

Se puede apreciar que, en base a la opinión y experiencia de los pilotos encuestados, los medios civiles pueden no ser la mejor opción en caso de poder elegir un sistema de mando y control. Sin embargo, y como toda adquisición de medios, habría que valorar las restricciones presupuestarias del Ministerio de Defensa para optar por este método para elaborar un sistema de mando y control u otro alternativo, estudiando la posibilidad de paliar los fallos de conectividad, reforzar el sistema de seguridad y otros aspectos que se mencionan.

De esta manera, se concluye que esta alternativa puede resultar una buena opción en cuanto a experiencia en uso de sus medios por parte de los pilotos, ya que existen antecedentes tanto en TN como en misiones; utilización de tecnologías que cuentan con un gran avance tecnológico y la no necesidad de instalación, si se desea, a los medios del helicóptero.

Sin embargo, contempla desventajas destacables como la seguridad menor respecto a medios militares; fallos de conectividad que afectan a la fiabilidad del sistema, en detrimento de las operaciones y dependencia de empresas civiles para el uso de estos medios.

#### 4.3.2 UTILIZACIÓN DE UN C2S YA DESARROLLADO

Si bien es cierto que en las Unidades de helicópteros ya existe un precedente de uso con los medios civiles, no se puede descartar la alternativa de usar medios militares, aunque no sean propios y tengan su correspondiente coste de adquisición. En este aspecto, existen aplicaciones que se ofertan como sistemas de mando y control operativos para distintos escenarios. En la realización de este trabajo se han estudiado dos de ellos:

##### BLUE FORCE TRACKING (BFT)

El actual sistema BFT del Ejército estadounidense es un sistema de mando y control y de ayuda a la conciencia situacional, basado en satélites de bajo bando de ancha originalmente destinado a proporcionar conocimiento de la situación a las plataformas y centros de mando que poseen esta tecnología del programa de registro conocido como *Force XXI Battle Command Brigade and Below* (FBCB2). Este sistema se ha convertido en una capacidad crítica para el Ejército de EEUU, que se utilizó durante la Operación Libertad de Irak (OIF) para coordinar las operaciones dentro de los servicios conjuntos y con los aliados, y dio lugar a una reducción de las bajas debido a la mejora de la seguridad. (KR Chevli et al., 2006)

Es decir, el conjunto de transmisión de datos de voz con este sistema dejaría un sistema de mando y control completamente operativo y digno de uso para cualquier operación. Sin embargo, es exclusivo del Ejército estadounidense, y no está disponible para otros ejércitos, por lo que no se contempla como una alternativa. No obstante, se ha decidido reflejar en este trabajo por su uso en operaciones por parte de los pilotos de helicópteros españoles en Irak, sirviendo como



precedente y modelo para cualquier C2S que se proponga, así como para tenerlo en cuenta en caso de que en el futuro sí se oferte para ejércitos aliados.

### ANDROID TEAM AWARENESS KIT (ATAK)

En este apartado se comienza a redactar sobre el *Android Team Awareness Kit* o ATAK, que se está empezando a dar a conocer en el Ejército de Tierra por sus capacidades de entregar la función de mando y control efectiva con grandes garantías de éxito. ATAK, pertenece a la organización TAK, que además de esta, presenta otros muchos productos que, en su mayoría, están enfocados en reflejar la situación de los usuarios (Unidades en este caso) sobre el terreno para proporcionar la mejor SA posible.

TAK es una tecnología de propiedad gubernamental estadounidense que facilita la comunicación entre varios puestos de mando, la navegación de los usuarios mediante GPS, la elevación y las imágenes digitales, y el conocimiento de la situación en tiempo real a partir de las aportaciones que se pueden hacer desde los diferentes dispositivos que estén integrados en el servidor, denominados sensores para el caso de un sistema de mando y control. TAK vincula los datos de los sensores con la superposición de mapas, proporcionando un conocimiento de la situación en tiempo real de la operación en curso. (Bavault, 2022).

Toda esta información es expuesta en una pantalla que recoge la información del campo de batalla o la zona de trabajo en caso de estar en TN. Esta es la manera en la que el jefe puede obtener una conciencia situacional acorde a lo que sucede en el terreno de la operación en tiempo real.

Tiene varias versiones, entre ellas, se encuentran la versión civil, ATAK.civ; y la versión militar, ATAK.mil. Este trabajo se centrará únicamente en estas dos versiones.

Antes de continuar hay que aclarar la forma de uso de este sistema para lograr un mando y control efectivo, y es que los dispositivos que pueden operar en este sistema son variados:

- Para los usuarios que están desplegados en el campo de batalla, cualquier dispositivo con el sistema operativo de Android debería ser válido. Sin embargo, hay un dispositivo que destaca sobre los demás por su fabricación exclusiva para este sistema, además de por la compra de estos dispositivos por parte del Mando de Operaciones Especiales (MOE), que más tarde se detallará. Este dispositivo, mostrado en la Figura 6 es un Samsung Galaxy S20, clasificado por la propia empresa de Samsung como el “smartphone militar listo para la misión, construido y probado por operadores en operaciones especiales, con la potencia necesaria para lograr su objetivo en cualquier entorno táctico.” (*Samsung Electronics America, 2020*)
- Por otro lado, está el WinTAK (WinTAK.civ o WinTAK.mil), cuyo sistema operativo compatible es Windows, por lo que esta versión será la más apropiada para su uso desde el puesto de mando donde el jefe toma las decisiones para la misión, recogiendo la información desde un ordenador y no la pantalla de un smartphone.
- Además, se pueden configurar drones y otros dispositivos que cumplan la función de sensor para que ofrezcan contenido multimedia proyectado en su ubicación sobre el terreno en el mapa, visible y accesible para todos los usuarios.



*Figura 6. Samsung Galaxy S20 para operaciones tácticas en el que se puede ver la interfaz de usuario de ATAK en su pantalla. Fuente: Samsung Galaxy S20 Tactical Edition (Samsung Electronics America, 2020)*

A continuación, se procede a mostrar los resultados a otras preguntas realizadas en la encuesta, con el fin de comprender el grado de familiarización que tienen los pilotos con este sistema.

En el Gráfico 4 podemos ver las respuestas a la pregunta: “¿Ha utilizado algún C2S que permita el mando y control en vuelo en tiempo real? ¿Cuál? En misiones o en TN, es indiferente”, cuyo objetivo es averiguar la experiencia de los pilotos en sistemas de este tipo y darnos una aproximación a cuáles están más familiarizados. En él se puede apreciar la experiencia de gran parte de los encuestados en este sistema por varias razones, fundamentalmente porque:

- Han desplegado en misiones en las que las Unidades desplegadas de la AVIET se han integrado en grupos tácticos bajo responsabilidad estadounidense, por ende, con medios estadounidenses. De esta manera han podido usar sus servicios, como es en este caso el sistema de ATAK.mil.
- Se han realizado pruebas en las Unidades o en despliegues en misiones del sistema ATAK.mil.
- Se han realizado ejercicios de I/A, y probablemente operaciones en misiones, junto a Unidades del propio Ejército de Tierra que cuentan con este sistema de forma oficial. En este caso es el ATAK.civ en su uso en territorio nacional.

No obstante, se profundizará sobre cada uno de estos puntos más adelante, apoyado en entrevistas con personal que utiliza estos sistemas actualmente.

Además, para evaluar el conocimiento que tenían los encuestados sobre el sistema ATAK, se preguntó si alguna vez habían oído hablar de dicho sistema y la respuesta, mostrada en la Tabla 8, indica que la gran mayoría sí lo ha hecho, por lo que en caso de su integración como C2S no supondría una gran sorpresa para los pilotos.

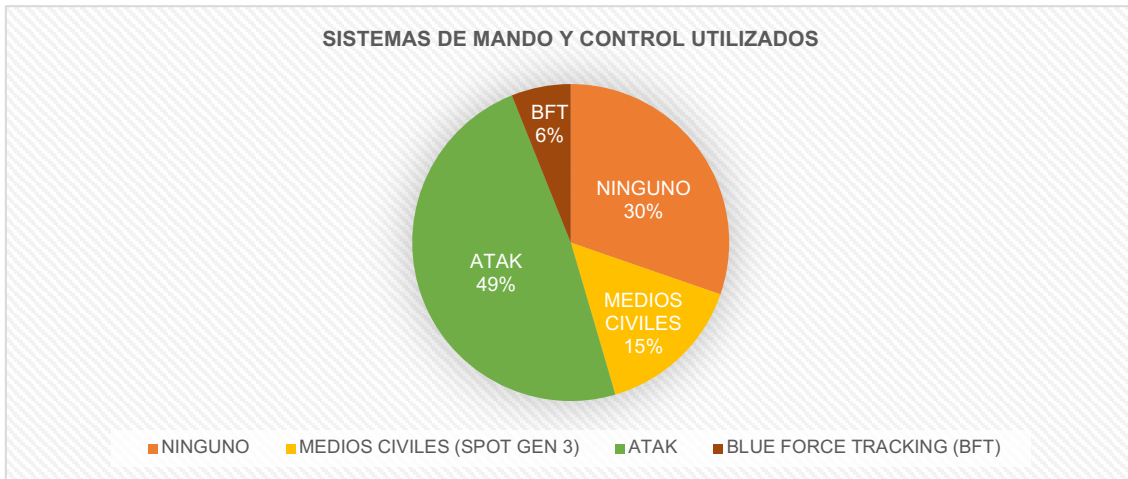


Gráfico 4. Respuestas expresadas en porcentaje de los encuestados sobre los C2S que han utilizado durante su trayectoria profesional. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.

¿HA OÍDO HABLAR SOBRE EL SISTEMA ATAK?	RESULTADOS EN PORCENTAJE
SÍ	75 %
NO	25 %

Tabla 8. Conocimiento de la existencia del sistema ATAK de los encuestados. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.

Entonces, se puede afirmar que el ATAK es un sistema generalmente conocido por los pilotos, teniendo en nuestra muestra de más de 30 pilotos encuestados, casi un 50 % de ellos con experiencia en el sistema.

En este momento, se procede indagar en el uso de este sistema en el componente terrestre de las FFA españolas, acudiendo a las entrevistas con los Tenientes, reflejadas en el Anexo III.

En primer lugar, se trata la entrevista con el Teniente Sánchez, encuadrado en una Unidad del Mando de Operaciones Especiales (MOE), en la que se usa el ATAK de forma oficial. Por las restricciones que se le han impuesto, no se le permite informar al autor ni de las características del ATAK en su versión militar ni de su uso fuera del TN.

El Teniente Sánchez afirma que el sistema se lleva usando aproximadamente tres años, tras ver su uso en las Unidades de operaciones especiales americanas, pero en sus inicios se usaba la versión civil. Sin embargo, tras comprobar las ventajas que proporciona la versión militar, se decidió comprar una licencia, así como los dispositivos móviles necesarios bajo directrices del CNI: los *Samsung S20*.

Este tipo de Unidades no pueden escatimar lo más mínimo en seguridad, por lo que el sistema está securizado a través de una red VPN (*Virtual Private Network*) controlada por un servidor físico desde el propio MOE.

Además, el Teniente destaca una serie de características del sistema que clasifica como ventajas, a diferencia de la única desventaja de nombra: su elevado coste económico. Estas ventajas que expresa son:

- “(...) la **posibilidad de añadir plug-in's o capacidades al gusto** tal y como es la interfaz de un *Call Manager* para poder realizar llamadas a través del servidor de ATAK. Esto afecta positivamente a la flexibilidad de la operación, permitiendo crear el programa ad-hoc a tus necesidades.”



- “(...) tiene la capacidad de enviar la información de los dispositivos de ATAK al servidor a través de cualquier dispositivo radio que permita comunicación IP, como la radio ANPRC 152-A, con lo que pueden formar una malla en la que se puede proceder de esta manera.”
- “(...) tiene una **interfaz intuitiva**, de fácil comprensión.”
- “En cuanto a compartir información, otro aspecto destacable es que se pueden **compartir las imágenes o vídeos en tiempo real** de cualquier dron que esté integrado en el sistema, a través del cual cualquier operador del servidor puede ver esta multimedia.”

Para finalizar esta intervención del Teniente Sánchez, se expone su respuesta a: Personalmente ¿qué grado de satisfacción le merece este sistema? Puntúe del 1 al 10.

- “Personalmente, lo puntúo con un 8. El hecho de que no sea un sistema oficial es una limitación a nivel organizativo que no se puede pasar por alto, es decir, no es un sistema de mando y control implementado por el Ejército de Tierra.”

De esta manera, y gracias al Teniente entrevistado, se puede apreciar el uso activo de esta característica Unidad del Ejército de Tierra, lo que supone un **importante precedente en el que apoyarse para tomar una decisión sobre qué alternativa puede ser más efectiva** para el objetivo de este trabajo, contando con características destacables del sistema y el alto grado de aceptación de una persona que lo usa activamente durante sus ejercicios con la Unidad.

Por otro lado, y aproximando el ámbito de uso del sistema ATAK a la AVIET, se cuenta con la entrevista realizada al Teniente de Transmisiones D. Sergio Ibarra Domínguez, actualmente desplegado en Irak.

El Teniente Ibarra confirma la situación actual con respecto a la carencia de un sistema de mando y control como tal con las aeronaves y su tripulación para el control de las misiones, utilizando los medios citados en la Tabla 2. Sin embargo, existe una gran novedad, suponiendo un antes y un después a este respecto, añadiendo una mayor importancia al sentido de elaboración de este trabajo: durante esta rotación se ha comenzado a realizar **pruebas** con el ATAK en su versión civil por primera vez en el despliegue en Irak. Es necesario destacar que son pruebas y no un uso oficial del sistema.

El Teniente afirma que, durante los ejercicios en los que se prueba el ATAK se utiliza una securización a través de una VPN virtual, que considera suficiente. No es tan seguro como el que utiliza el MOE, pero el método de proporcionar seguridad al sistema es similar.

Se haya en la entrevista una interesante aportación por parte del Teniente Ibarra, que guardan relación con los requisitos que tiene el perfil de C2S que se busca en este trabajo: “(...) ahora mismo el ATAK es cierto que no sea lo más seguro. Sin embargo, siempre que se tenga un servidor y se cree una red local cifrada, en teoría es una red segura. Es bastante fiable, suele dar pocos fallos, pero hay zonas donde si se llega a perder la conexión. Y es cierto, que es muy intuitivo porque es como un Maps, incluso le hemos cargado los mapas de Google Maps para facilitar el trabajo a los pilotos.”

Con un somero análisis de esta intervención, junto a información básica del sistema en su versión militar extraída de entrevistas informales de personal que ya lo ha utilizado, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El ATAK en su versión civil precisa de una securización externa para aumentar la seguridad del sistema al nivel que se precisa. Para ello, existen distintas vías. Las vistas hasta ahora se basan ambas en la utilización de una VPN, con la diferencia de usarla online a tener un servidor físico monitorizado por la Unidad, como en el caso del MOE.



Sin embargo, y gracias a ligeras aproximaciones que se han podido obtener, el ATAK en su versión militar es mucho más seguro.

- El sistema es fiable, pero al usar datos de telefonía móvil, la versión civil puede dar los mismos problemas de conexión que puede dar un teléfono Iridium, por lo que, a este respecto, no se avanzaría. Sin embargo, la conexión por satélite que ofrece la versión militar reduce drásticamente el riesgo de pérdida de conexión al no depender de ninguna compañía civil de telefonía móvil.
- ATAK es un sistema intuitivo que se asemeja a aplicaciones como *Google Maps* y otras aplicaciones de navegación.

En este sentido, confirma la descripción de requisitos buscados en este trabajo, y que más tarde servirá para establecer una comparativa.

Sin embargo, el impulso que ha motivado a realizar pruebas durante un despliegue tiene su origen en el territorio nacional. Las pruebas con este sistema se han realizado en el Batallón de Helicópteros de Transporte V (BHELTRA V) de Colmenar Viejo durante varios de sus ejercicios de I/A, así como en el Batallón de Helicópteros de Maniobra III (BHELMA III) ubicado en Agoncillo durante el ejercicio *Martial Summit 21* (2021). En ambos casos, el resultado fue satisfactorio, según pilotos encuadrados en Unidades de vuelo implicadas.

También es interesante estudiar este sistema como una alternativa que ya ha sido probada por otros organismos y es oficial en las FFAA de otros países. Este sistema, independientemente de la versión a la que se refiera, es usado oficialmente por EEUU tanto en sus ejércitos como en servicios policiales y de emergencia; por Canadá en sus servicios de emergencia; por Unidades del Ejército Británico; por la policía filipina y por otras entidades que no se reflejan en la página de TAK (<https://tak.gov/>), pero sí la usan de manera oficial, como es el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC) de las FFAA españolas.

Además, la previamente mencionada página web oficial del sistema, que ofertan como producto, tiene un apartado dedicado exclusivamente a noticias que avalan el buen funcionamiento del sistema.

En una de las noticias extraída de la página web de la *Base de la Fuerza Aérea Wright-Patterson*, el autor afirma que la utilización de diversos medios implementables con el sistema ATAK lo convertirá próximamente en algo más que una herramienta de tiempos de guerra y se adaptará para el mando y control diario del líder en los niveles táctico y operativo, siendo así una herramienta indispensable para obtener una *Common Operational Picture* (COP), ligada a la conciencia situacional del mando. (Dilworth, K., 2022)

Hasta este momento, se puede observar que el sistema ATAK es una gran herramienta para ejercer el mando y control de las unidades sobre el campo de batalla a tiempo real, y por ello se ha decidido reunir en la Tabla 9 las características más destacadas por los usuarios del sistema, así como de otras que se han considerado importantes para reflejar, extraídas de la página web oficial de ATAK.



CARACTERÍSTICAS DESTACABLES DE ATAK COMO C2S	
PERMITE AL MANDO DIBUJAR SOBRE EL TERRENO DURANTE LA MISIÓN	POSIBILIDAD DE ENVIAR INFORMACIÓN DESDE DISPOSITIVOS ATAK A TRAVÉS DE OTROS MEDIOS QUE PERMITAN LA COMUNICACIÓN IP
PERMITE ACTUALIZAR DATOS SOBRE UBICACIONES EN EL TERRENO	INTERFAZ INTUITIVA SIMILAR A APLICACIONES DE NAVEGACIÓN CONOCIDAS
POSIBILIDAD DE PERSONALIZAR EL SISTEMA AÑADIENDO CAPACIDADES ÚTILES A LA MISIÓN	CAPACIDAD DE MOSTAR SOBRE EL TERRENO LOS DATOS MULTIMEDIA QUE CAPTE CUALQUIER DISPOSITIVO VINCULADO CON EL SISTEMA, COMO SMARTPHONES O DRONES CON CÁMARA
MONITORIZACIÓN DE USUARIOS/UNIDADES A TIEMPO REAL	PLANTILLAS DE DOCUMENTACIÓN DE INTERÉS EN CUALQUIER OPERACIÓN COMO EL MEDEVAC-9 LÍNEAS O LA SOLICITUD DE APOYO DE FUEGOS CAS.
CAPACIDAD DE IMPLEMENTAR CHAT INTEGRADO EN EL SISTEMA PARA LA COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE TODA LA CADENA DE MANDO	

*Tabla 9. Características destacables del sistema ATAK como C2S. Fuente: elaboración propia.*

Para finalizar este apartado, se describe lo que se ha mostrado sobre este sistema que se tendrá en cuenta para la comparación con la anterior alternativa:

- Opiniones de los pilotos sobre el sistema, que son en su mayoría positivas (el resto, es desconocimiento del sistema).
- Los datos obtenidos de las entrevistas con ambos Tenientes, en las que se han extraído opiniones y ventajas desde un usuario que utiliza este sistema en sus dos versiones, como la novedad de uso del sistema a modo de prueba en Irak.
- Recopilación de las pruebas en las que actualmente se usa el sistema para el mando y control de aeronaves a modo de prueba.
- Noticias e información de la página web oficial de este sistema que está bajo la tutela del Gobierno de los Estados Unidos, que demuestra el éxito y polivalencia de la aplicación en distintos ámbitos.
- Recopilación de las características destacables del sistema para su uso como C2S.

Por lo que ambas alternativas están dispuestas para comparación.

### 4.3.3 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS

Para establecer una comparación que pueda argumentar la elección de una de las alternativas con una base teórica y valoración objetiva, se contempla el uso del Proceso Jerárquico Analítico o análisis AHP por sus siglas en inglés (*Analytic Hierarchy Process*). Este proceso fue desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980 para ayudar en la toma de decisiones en el Gobierno de los Estados Unidos. Se busca con el uso de esta herramienta establecer un orden de prioridad entre ambas alternativas. (Jiménez, J. y Urmeneta, M., 2000)

El análisis AHP es una herramienta de decisión multicriterio cuyo problema inicial se plantea como el esquema representado en la Figura 7, en la que el objetivo es la decisión de la mejor alternativa que cumpla los requisitos como C2S, presentada en la parte superior del esquema; los criterios se corresponden con los requisitos buscados, presentados en la parte central del esquema y las alternativas, en la parte inferior.

Para el caso que atañe a este análisis, la alternativa 1 corresponde con el uso de medios civiles para desarrollar un sistema de mando y control, en cambio la alternativa 2 corresponde con la compra de licencias de ATAK, un sistema de mando y control ya desarrollado y probado por multitud de organismos. Para este caso, se analiza según las características que se conocen



de ATAK en su versión militar, que representa la alternativa en cuestión, ya que con su versión civil (además de ser gratuita) no se alcanzaría un avance significativo para su propuesta como C2S en este trabajo.

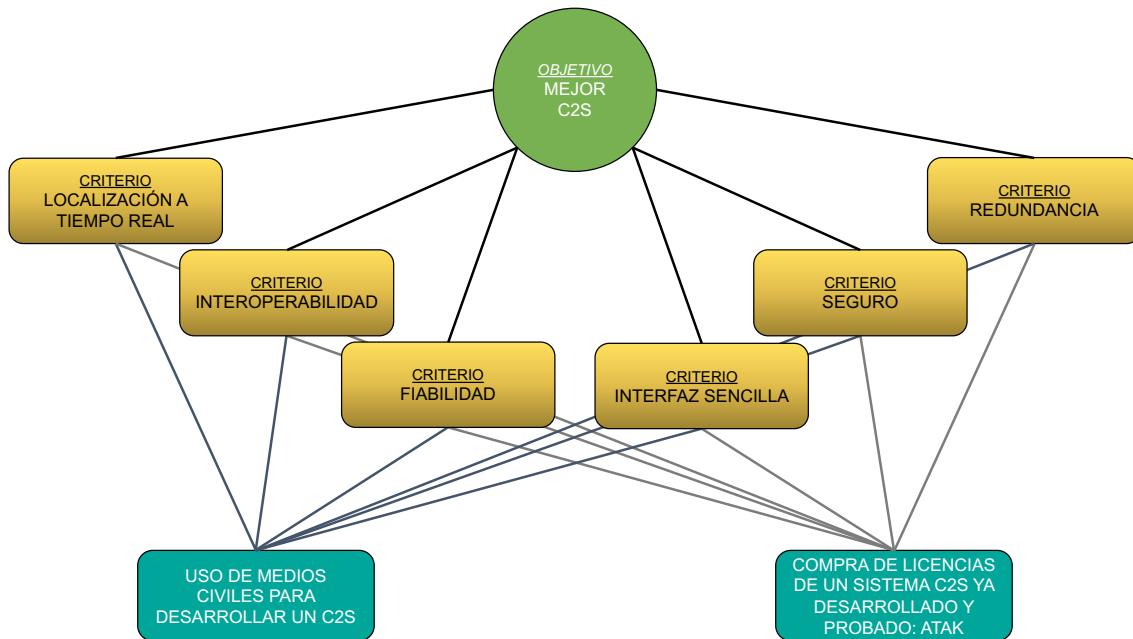


Figura 7. Esquema del problema a resolver según el modelo del Proceso de Análisis Jerárquico. Fuente: elaboración propia.

Con el problema inicial del análisis planteado, se procede al desarrollo del proceso.

En primer lugar, se establece una matriz de correlación entre los criterios llamada matriz de comparación pareada, asignando valores de importancia, según la escala presentada en la Tabla 10, a la relación existente entre dos criterios.

PLANEAMIENTO VERBAL DE LA PREFERENCIA	CALIFICACIÓN NUMÉRICA
EXTREMADAMENTE PREFERIBLE	9
ENTRE MUY FUERTEMENTE Y EXTREMADAMENTE PREFERIBLE	8
MUY FUERTEMENTE PREFERIBLE	7
ENTRE FUERTEMENTE Y MUY FUERTEMENTE PREFERIBLE	6
FUERTEMENTE PREFERIBLE	5
ENTRE MODERADAMENTE Y FUERTEMENTE PREFERIBLE	4
MODERADAMENTE PREFERIBLE	3
ENTRE IGUALMENTE Y MODERADAMENTE PREFERIBLE	2
IGUALMENTE PREFERIBLE	1

Tabla 10. Escala de preferencias en el análisis AHP. Fuente: elaboración propia a partir de Jiménez, J. y Urmeneta, M., (2000).

De tal manera que, como se observa en la matriz de comparación pareada presentada en la Tabla 11, el criterio “SEGURIDAD” es mucho más importante que el criterio “REDUNDANCIA”, por lo que la relación queda como 9/1. Esta correlación se basa en los valores numéricos que se obtuvieron para cada requisito con la fórmula VR presentados en la Tabla 7, por lo que en el



ejemplo anterior la comparación está basado entre los valores 34,1 de “SEGURIDAD” frente al valor 6,4 de “REDUNDANCIA”.

	SEGURIDAD	LOCALIZACIÓN A TIEMPO REAL	FIABILIDAD	INTEROPERABILIDAD	INTERFAZ SENCILLA	REDUNDANCIA
SEGURIDAD	1/1	5/1	7/1	7/1	7/1	9/1
LOCALIZACIÓN A TIEMPO REAL	1/5	1/1	5/1	5/1	5/1	8/1
FIABILIDAD	1/7	1/5	1/1	2/1	2/1	6/1
INTEROPERABILIDAD	1/7	1/5	1/2	1/1	2/1	6/1
INTERFAZ SENCILLA	1/7	1/5	1/2	1/2	1/1	5/1
REDUNDANCIA	1/9	1/8	1/6	1/6	1/5	1/1
$\sum r_i$	1,74	6,73	14,17	15,67	17,2	35

Tabla 11. Matriz de valoración de requisitos en función de su importancia entre ellos.  
Fuente: elaboración propia.

Entonces, se obtiene así la matriz A de comparaciones de requisitos:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 7 & 7 & 7 & 9 \\ 1/5 & 1 & 5 & 5 & 5 & 8 \\ 1/7 & 1/5 & 1 & 2 & 2 & 6 \\ 1/7 & 1/5 & 1/2 & 1 & 2 & 6 \\ 1/7 & 1/5 & 1/2 & 1/2 & 1 & 5 \\ 1/9 & 1/8 & 1/6 & 1/6 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}$$

Se puede observar que la matriz cumple las propiedades de reciprocidad que estipula este método, es decir, se cumple que si  $a_{ij}=x$ , entonces  $a_{ji}=\frac{1}{x}$ , siendo “i” filas y “j” columnas.

El siguiente paso consiste en obtener la matriz normalizada  $N = (n_{ij})$ , siguiendo la fórmula  $n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$ . Además, se necesita la matriz de prioridades de dimensión 5x1, obtenida a partir de la matriz N como el promedio de sus filas, se denota por  $V_p$ .

$$N = \begin{pmatrix} 0,57 & 0,74 & 0,49 & 0,45 & 0,41 & 0,26 \\ 0,11 & 0,15 & 0,35 & 0,32 & 0,29 & 0,23 \\ 0,08 & 0,03 & 0,07 & 0,13 & 0,12 & 0,17 \\ 0,08 & 0,03 & 0,04 & 0,06 & 0,12 & 0,17 \\ 0,08 & 0,03 & 0,04 & 0,03 & 0,06 & 0,14 \\ 0,06 & 0,02 & 0,01 & 0,01 & 0,01 & 0,03 \end{pmatrix} \rightarrow V_p = \begin{pmatrix} 0,49 \\ 0,24 \\ 0,10 \\ 0,08 \\ 0,06 \\ 0,02 \end{pmatrix}$$

Las componentes de la matriz  $V_p$  representan la prioridad de cada requisito con respecto al objetivo del AHP. Así, el valor 0,49 representa la prioridad expresada numéricamente del requisito “SEGURIDAD”.



El siguiente paso es elaborar la matriz de prioridades de cada alternativa, matriz B, que funciona de la misma manera que la matriz A. Sin embargo, hay que establecer una comparación de las alternativas por cada criterio existente, por lo que se establecen las matrices  $B_y$ , donde “y” representa cada requisito, siendo el 1 “SEGURIDAD” y el 6, “REDUNDANCIA”; así como sus correspondientes vectores propios  $Y_y$  asociados al valor propio no nulo de la matriz  $B_y$ .

	ATAK	USO DE MEDIOS CIVILES
ATAK	$b_{11}$	$b_{12}$
USO DE MEDIOS CIVILES	$b_{21}$	$b_{22}$

Tabla 12. Modelo de matriz de prioridades de las alternativas. Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \begin{pmatrix} 1 & 7 \\ 1/7 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow Y_1 = \begin{pmatrix} 4 \\ 0,57 \end{pmatrix} & B_4 &= \begin{pmatrix} 1 & 9 \\ 1/9 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow Y_4 = \begin{pmatrix} 5 \\ 0,56 \end{pmatrix} \\
 B_2 &= \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 1/4 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow Y_2 = \begin{pmatrix} 2,50 \\ 0,63 \end{pmatrix} & B_5 &= \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow Y_5 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \\
 B_3 &= \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow Y_3 = \begin{pmatrix} 3 \\ 0,60 \end{pmatrix} & B_6 &= \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 1/4 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow Y_6 = \begin{pmatrix} 2,50 \\ 0,63 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Con estas matrices de prioridad de las alternativas, el siguiente paso es obtener la valoración final, multiplicando los vectores propios de las matrices  $Y_y$  de comparación de las alternativas en función de los criterios con el vector propio  $V_p$  resultante de las comparaciones de los criterios, de manera que la operación sería la siguiente:

$$\begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix} = (Y_1 \ Y_2 \ Y_3 \ Y_4 \ Y_5 \ Y_6) * V_p$$

Siendo  $Z = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix}$  la matriz final, donde  $z_1$  corresponde a la alternativa 1 (ATAK) y  $z_2$  a la alternativa 2 (USO DE MEDIOS CIVILES), el resultado es:

$$Z = \begin{pmatrix} 4 & 2,50 & 3 & 5 & 1 & 2,5 \\ 0,57 & 0,63 & 0,60 & 0,56 & 1 & 0,63 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0,49 \\ 0,24 \\ 0,10 \\ 0,08 \\ 0,06 \\ 0,02 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3,37 \\ 0,61 \end{pmatrix}$$

Por tanto, existe una clara diferencia entre las alternativas, como se puede ver de manera más explícita en la Tabla 13.

ALTERNATIVA	PONDERACIÓN FINAL
COMPRA DE LICENCIAS DE UN SISTEMA C2S YA DESARROLLADO Y PROBADO: ATAK	3,37
USO DE MEDIOS CIVILES PARA DESARROLLAR UN C2S	0,61

Tabla 13. Ponderación final de cada alternativa. Fuente: elaboración propia.



Los resultados que de este apartado se extraen son concluyentes para la decisión de la alternativa para la propuesta de sistema de mando y control estándar para las unidades de la AVIET.

De esta manera, se opta por seleccionar como propuesta la compra de licencias de ATAK en su versión militar para establecer el sistema de mando y control estándar buscado en este trabajo.

#### 4.3.4 ATAK COMO C2S ESTÁNDAR EN LAS UNIDADES DE AVIET

Con el objetivo de establecer el sistema ATAK en las Unidades de AVIET como sistema de mando y control de las Unidades de helicópteros en vuelo a tiempo real, se considera imprescindible en este apartado la aportación de la última cuestión de la encuesta realizada a los pilotos.

Ante la pregunta: “Dadas las características avanzadas del sistema ATAK.mil (conexión satélite, seguridad, actualización en tiempo real, medio militar no civil, etc.), ¿cuál sería su grado de aceptación en caso de poderse integrar en las unidades de helicópteros como C2S estándar?”

Siendo el 10 un muy elevado grado de aceptación y el 0 un rechazo total (...), las respuestas fueron las mostradas a continuación en el Gráfico 5.

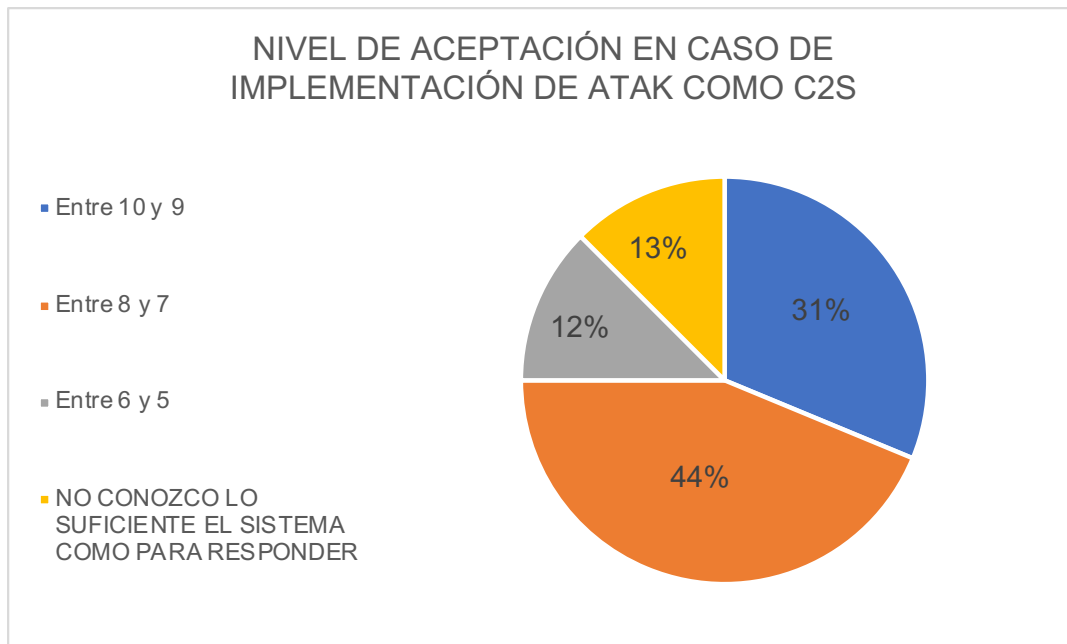


Gráfico 5. Respuestas con respecto al nivel de aceptación que tendría en sistema ATAK en AVIET. Fuente: elaboración propia a partir de encuesta.

Se aprecia en los resultados de esta pregunta que el nivel de aceptación de este sistema en caso de integración en las Unidades de helicópteros del ET es muy alto, excluyendo los que no lo conocen, no habiendo obtenido ni una sola respuesta cuya valoración sea menor de “Entre 6 y 5”.

Entrando en el supuesto de una integración del sistema ATAK en las FAMET, hay que tener en consideración varios puntos:

- Para la adquisición del sistema se debe ahondar en el presupuesto requerido y realizar un análisis del coste de adquisición.
- En este supuesto de integración, también habría que contar con la compra de los dispositivos *Samsung Galaxy S20* para el uso por parte de los pilotos, así como los



medios necesarios para el puesto de mando. Por lo que debería añadirse al análisis del coste de adquisición.

- Dado que, oficialmente, supondría una novedad para las Unidades de helicópteros, y se comprueba con la encuesta que no todos conocen en sistema los suficiente, habría que impartir pequeños cursos de adaptación al sistema para las tripulaciones. No obstante, dado que la integración del sistema en las unidades conllevaría su debido tiempo, sería una buena iniciativa que todas las unidades dedicasen algún ejercicio de I/A para probar el sistema en su versión civil, para familiarizar al personal de vuelo con ATAK.

Por último, cabe destacar que se contactó con uno de los pilotos de la Unidad de vuelo del BHELTRA V, el Capitán D. Sergio Fernández Anguela, para comprobar el éxito que se espera de este C2S, y la respuesta es la siguiente:

*“Tras haber tenido la oportunidad de usar el sistema (la versión civil) durante el transcurso de un ejercicio de adiestramiento en una patrulla mixta de helicópteros (HA-28, HT-27 y HT-17), he de decir que es un sistema necesario para poder ejercer el mando y control en tiempo real de manera activa y no por procedimientos como hasta ahora. Permite al puesto de mando una conducción ágil y efectiva de las Unidades de helicópteros con la ventaja de conocer en tiempo real la posición exacta.”*

Esta valiosa intervención del piloto deja clara una conclusión tras haber realizado las últimas pruebas con este sistema: confirma que esta elección del sistema es un avance para dar un salto en la forma en la que se ejecuta el mando y control de las aeronaves, percibiendo en la intervención una gran aceptación del mismo.



## 5 CONCLUSIONES

La realización de este trabajo de fin de grado suscita multitud de conclusiones, desde internas del propio trabajo hasta conclusiones que se espera que aporten validez a proyectos futuros.

En primer lugar, se comprueba el cumplimiento de todos los objetivos del trabajo propuestos al inicio:

### *Búsqueda de las alternativas útiles para ser un sistema de mando y control válido:*

La búsqueda de las alternativas requirió tiempo de dedicación a todas las cuestiones realizadas al personal que proporcionó información útil para este objetivo. Pudiendo extraer las dos alternativas estudiadas: el desarrollo de un C2S propio apoyado en medios civiles o la implementación de un C2S ya probado, en este caso el sistema ATAK.

### *Realización de entrevistas a personal cualificado para responder cuestiones acerca de los requisitos que un sistema de mando y control debe tener:*

Este objetivo se cumplió con creces al contar con 3 entrevistas formales cuyos resultados fueron críticos, a la vez que valiosos, para la obtención de requisitos. Así como las distintas entrevistas informales realizadas a personal destinado en cuatro de las Unidades que conforman la Base Coronel Maté, ubicada en Colmenar Viejo, Madrid.

### *Estudio de requisitos extraídos para su posterior comparativa:*

Gracias a las respuestas de la encuesta y la subyacente ponderación realizada con la fórmula VR de elaboración propia, se concluyó cuáles eran los requisitos más importantes, ordenados por relevancia. El cumplimiento de este objetivo resultó clave para la consecución del resto de la obra.

### *Conclusión de la alternativa que más se adecúa a las necesidades establecidas:*

El estudio reflejado en el desarrollo permitió seleccionar con éxito la alternativa más apropiada para el caso, resultando la implementación del sistema ATAK como la mejor solución.

### *Pruebas en vuelo de la alternativa para recibir el feedback de los pilotos sobre el uso de esta como C2S:*

El cumplimiento de este objetivo, reflejado en el último párrafo del punto 4 “Desarrollo”, permitió aportar validez a la elección del sistema ATAK como propuesta para C2S estándar en las Unidades de helicópteros en vuelo a tiempo real.

Finalmente, se concluye que todos los objetivos propuestos al principio del trabajo se han cumplido satisfactoriamente.

Por otro lado, la conclusión de que el sistema ATAK en su versión militar se ajusta, e incluso supera, al perfil de sistema de mando y control requerido, supone un argumento más sobre el que apoyarse para aquellas Unidades que están haciendo pruebas con su versión civil y mantienen la iniciativa y esperanza de su uso oficial como C2S.

En el marco teórico expuesto en este trabajo se mencionó el bucle OODA y la importancia de tener un buen sistema de mando y control para alcanzar una mayor ventaja estratégica frente al enemigo. Con el sistema ATAK en su versión militar, se consigue una *Common Operational Picture* muy detallada y comprensible para el mando, lo que suscita una conciencia situacional de la misión que pocos sistemas de mando y control a disposición del Ejército de Tierra pueden conseguir para los helicópteros de las FAMET.

Por ello, el autor considera preciso destacar esta consecuencia altamente favorable para la flota de aeronaves de AVIET: con este sistema de mando y control se consigue una velocidad



en el desarrollo del bucle OODA mucho mayor que la que se puede conseguir con la situación actual, permitiendo obtener una ventaja estratégica y/o táctica que otros sistemas de mando y control no pueden proporcionar.

No obstante, nunca hay que olvidar los medios convencionales de combate, en este caso, el combate convencional con helicópteros. Es decir, en caso de integración del sistema ATAK como C2S estándar en AVIET, no se podrá dejar de lado la instrucción con los medios anteriores que, aunque no conformen un sistema, sí pueden proporcionar el mando y control de la Unidad en caso de cualquier contingencia.

La situación actual en los conflictos armados denota la clara presencia de ventajas y desventajas en esta era de la información, donde los conflictos han evolucionado a una forma más compleja por los avances tecnológicos. En este aspecto, no se deben descuidar las ventajas de un combate que tiene a su disposición multitud de herramientas de información y, en consecuencia, inteligencia. El uso de un sistema de mando y control con las características del sistema ATAK permite la fluidez de la operación, afectando positivamente al cumplimiento de la misión. La información del terreno en el que se ejecuta la misión resulta decisiva, y no debería escatimarse en aquellos aspectos del combate que implican la seguridad tanto de la operación, como de las vidas de la tripulación a bordo del helicóptero que vuela sobre un terreno hostil.

## 5.1 LÍNEAS FUTURAS

La elaboración de este trabajo posibilita la creación de otros trabajos de fin de grado, que el autor considera importantes a tener en cuenta para proyectos futuros, dado que el sistema ATAK presenta multitud de aspectos positivos que indudablemente los pilotos que lo han probado no olvidarán. Sin embargo, su integración a las unidades no es tan si quiera un proyecto, por lo que habrá que tener alternativas para establecer un C2S eficaz y efectivo para las operaciones con helicópteros.

Por este motivo, el autor anima al desarrollo de dos trabajos, cuyos títulos podrían ser:

- *“PROYECTO DE ADQUISICIÓN, INSTALACIÓN E INTEGRACIÓN A LAS UNIDADES DE AVIET DEL SISTEMA DE MANDO Y CONTROL ATAK”.*
- *“ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANDO Y CONTROL PROPIO PARA LAS UNIDADES DE HELICÓPTEROS EN VUELO A TIEMPO REAL”*

De esta manera, se podrá estudiar la situación que presenta la iniciativa de implantación de ATAK o el rechazo del mismo.



## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortes Generales (1978). *Constitución Española*. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1978-31229> [Consultado: 16-09-22].
- Cabello, E. C. (2001). *Los sistemas de mando y control: una visión histórico-prospectiva*. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4602258.pdf> [Consultado: 19-09-22].
- Marí Prats, J. M. (2001). *La guerra de mando y control y la teoría del "Ooda Loop"*. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4604097.pdf> [Consultado: 21-09-22].
- Northrop Grumman (2014). *Understanding Voice and Data Link Networking*. Disponible en: <https://dl.icdst.org/pdfs/files/e90d37a9b93e2e607206320ea07d7ad2.pdf> [Consultado: 21-09-22].
- Calvo, L. (2021). "Australia: Adiós Tigre, hola Apache". *Flynews*, 7, pp. 2. Disponible en: <https://fly-news.es/defensa-industria/australia-adios-tigre-hola-apache/> [Consultado: 23-09-22].
- Cuartel General de las FAMET (2012). *"CONOPS: Empleo de Enlaces de Datos Tácticos en Unidades de Helicópteros"*.
- Kaspersky Lab (2022). "Ciberamenaza mapa a tiempo real, España". *Kaspersky*. Disponible en: <https://cybermap.kaspersky.com/es> [Consultado: 07-10-22].
- Steen-Tveit, K. y Munkvold, B. E. (2021). *"De una imagen operativa común a una comprensión situacional común: un análisis basado en las perspectivas de los profesionales"*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753521002253#b0135> [Consultado: 13-10-22].
- Ricordi, A. (2009). *"Destacar, a los ojos de los empresarios, el valor añadido inherente a la formación de cuadros militares (clave)"*. Disponible en: <https://www.rsi.ch/news/oltre-la-news/Ufficiali-cercansi-11455781.html> [Consultado: 13-10-22].
- ESRI (2022). *"Real-Time Situational Awareness"*. Disponible en: <https://www.esri.com/en-us/industries/public-safety/real-time-situational-awareness> [Consultado: 13-10-22].
- Chevli, K. R., Kim, P. Y., Kagel, A. A., Moy, D. W., Pattay, R. S., Nichols, R. A., & Goldfinger, A. D. (2006). *"Blue Force Tracking Network Modeling and Simulation"*. Disponible en: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4086753?casa\\_token=foZxS7LwjdIAAAAA:Vs2dQETycmdGwLdtWK9jNXjQoqZHD6iiSiHcmnsEXv1TXNYu\\_FA61OE87rsqC8zfcCXiobpx3Jn#citations](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4086753?casa_token=foZxS7LwjdIAAAAA:Vs2dQETycmdGwLdtWK9jNXjQoqZHD6iiSiHcmnsEXv1TXNYu_FA61OE87rsqC8zfcCXiobpx3Jn#citations) [Consultado: 17-10-22].
- Bavault (2022). *"Team Awareness Kit (TAK)"*. Disponible en: <https://bavault.com/atak/> [Consultado: 20-10-22].
- Samsung Electronics America (2020). "Galaxy S20 Tactical Edition". *Samsung*, 1, pp. 11. Disponible en: <https://www.samsung.com/us/business/solutions/industries/government/tactical-edition/> [Consultado: 23-10-22].
- Dilworth, K. (2022). *"Common operating picture yields results"*. Disponible en: <https://www.wpafb.af.mil/News/Article-Display/Article/2992847/common-operating-picture-yields-results/> [Consultado: 25-10-22].



Moreno Jiménez, J. M., y Escobar Urmeneta, M. T. (2000). “***El pesar en el proceso analítico jerárquico***”. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/301/30114105.pdf> [Consultado: 26-10-22]



## **ANEXOS**





## Anexo I

# ACLARACIONES

A continuación, se expone por títulos las aclaraciones que se han considerado necesarias realizar para comprender mejor algunos aspectos tratados en este trabajo:

### **REDUNDANCIA**

A lo largo del trabajo el lector habrá apreciado el uso de la palabra “redundancia” con un significado distinto al usual. En este caso, se considera necesario realizar esta aclaración, ya que el significado que se le da a la palabra es la característica de tener una alternativa a la opción principal en caso de cualquier contingencia. Este es el uso que se da a la palabra “redundancia” en el ámbito de los pilotos de AVIET.

### **VALOR DE LA MUESTRA**

En cuanto a la muestra obtenida para los resultados de la encuesta, ha supuesto un total de 32 personas. Para este caso, es preciso aclarar que el tamaño de la muestra se considera significativo para el estudio realizado, dado que hay únicamente 6 unidades en las que se vuela en el Ejército de Tierra y no hay gran cantidad de pilotos, o al menos no es comparable con la cantidad de oficiales del ET existentes en otras armas. Por lo que el autor considera que la opinión de 32 pilotos al corriente de las operaciones actuales y la situación en este ámbito es una muestra válida para el estudio llevado a cabo.

### **DATOS PERSONALES O INFORMACIÓN**

El objeto de estudio de este trabajo abarca ciertos puntos que contienen información oficial y/o sensible que no puede exponerse literalmente en el trabajo, pero que sí ha sido de gran ayuda para su realización. El caso más característico es el de la entrevista con el Teniente Ibarra, en la que se han restringido muchos datos que, aunque no se puedan reflejar oficialmente en el trabajo, han servido para orientarlo en gran medida.

Asimismo, si el lector acusa una falta de datos personales para, por ejemplo, introducir a un entrevistado, es por motivos que el propio entrevistado ha expresado y prefiere que no se publique información más detallada al respecto.

Por otra parte, cabe destacar que para la realización de este trabajo se han encontrado dificultades de acceso de información por la naturaleza de la misma. Un ejemplo está en el intento de contacto con la empresa *Garmin* para realizar una entrevista, o incluso para sencillas preguntas, y que no han accedido por clasificar dicha información solicitada como sensible.

### **PILOTO A LOS MANDOS-PILOTO NO A LOS MANDOS**

A lo largo del desarrollo del trabajo se ha hecho referencia a los términos “piloto a los mandos” y “comandante de aeronave”. Para comprender este hecho, se explica que en la disposición de la cabina del helicóptero se cuenta con dos asientos delanteros con los mandos de la aeronave por duplicado, es decir, en cada uno de los asientos. En estos dos asientos van el piloto a los mandos, encargado de volar la aeronave, y el comandante de aeronave (o formación) encargado de dirigir la misión asignada a la tripulación (o formación de aeronaves).

Se adjunta una imagen de realización propia de la cabina del Boeing CH-47 F Chinook para apreciar la disposición de la cabina y dualidad de mandos (ver Figura 8).



Figura 8. Vista interior de la cabina del Boeing CH-47 F Chinook. Fuente: imagen propia.



## Anexo II

# ILUSTRACIÓN DEL OBJETIVO DEL VMF

En este anexo se expone una ilustración de cómo sería la integración del VMF a las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra.

Extraído del “CONOPS- EMPLEO DE ENLACES DE DATOS TÁCTICOS EN UNIDADES DE HELICÓPTEROS” del Cuartel General de las FAMET, se muestra a continuación la Figura 9 que explica con qué medios se realizaría una plena integración del DL-16 a través del VMF y aspectos más técnicos en los que no es necesario profundizar para este ámbito ya que no es objeto de estudio de este trabajo.

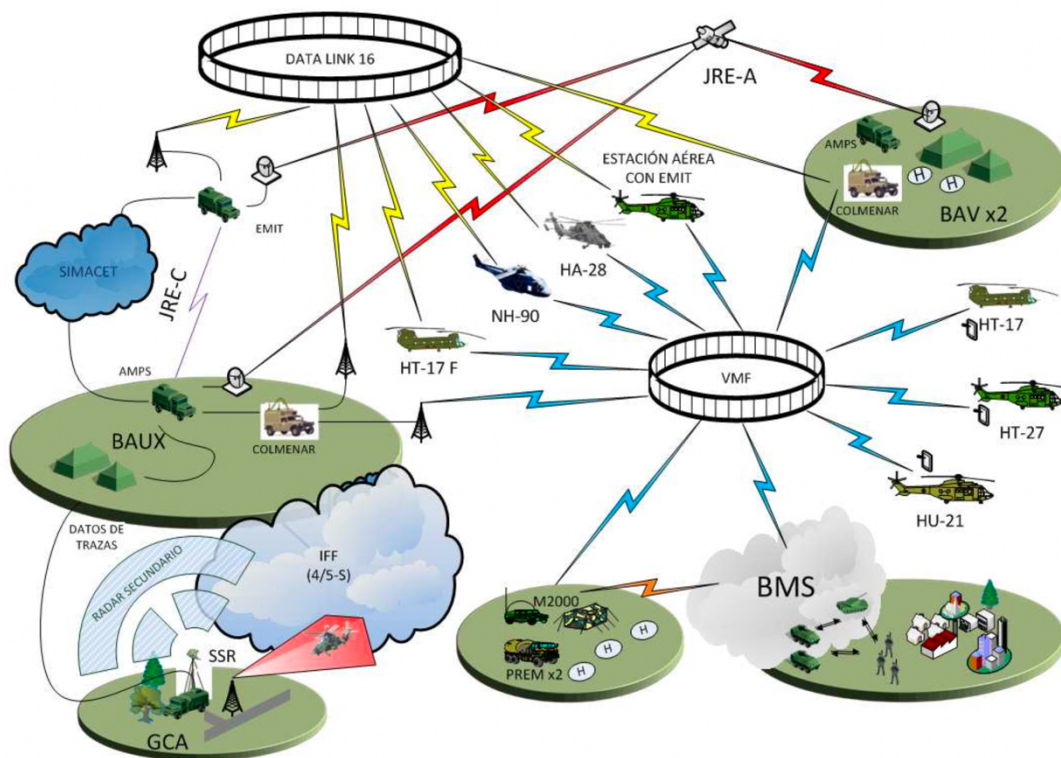


Figura 9. Integración plena del VMF para el uso de DL.16 como C2S. Fuente: CONOPS FAMET.

En definitiva, tras ver esta imagen de una manera más bien superficial y sin entrar en aspectos técnicos, se puede concluir que el uso del VMF permitiría una integración plena en la información de la batalla aérea. Mediante las estaciones MIDS (*Multifunction Information Distribution System*), también sería posible la integración de gran parte de la flota de helicópteros al sistema DL-16, disponiendo de esta integración con las Unidades terrestres a las que apoyan, mediante el protocolo VMF.





## Anexo III

# ENTREVISTAS

### ENTREVISTA CON EL COMANDANTE D. JORGE GINÉS ACERO

En esta entrevista se presenta el diálogo mantenido con el Comandante D. Jorge Ginés Acero, cuyo destino anterior ha sido el BHELTRA V con el que recientemente salió de misión a Irak en 2019. El Comandante Ginés Acero ha accedido a realizar esta entrevista, colaborando en gran medida para la realización de este trabajo.

A continuación, se presentan por orden las preguntas y respuestas formuladas al entrevistado:

1. ¿Cuál es su experiencia como piloto en los distintos C2S en los que ha interactuado?
  - En mi experiencia en los 14 años que llevo en las FAMET el sistema de mando y control que he usado se ha basado en la comunicación radio y con teléfonos IRIDIUM. Se han intentado pruebas con un Spotter, para enviar la localización de la aeronave al puesto de mando, pero esto únicamente da la propia posición. No obstante, este hecho descarga al piloto de la responsabilidad de ir comunicando su posición en cada punto de control. También se han estado probando medios civiles, pero el hecho de usar cobertura de datos como el 3G supone un inconveniente.
2. ¿Cuáles cree que deberían ser los requisitos fundamentales para un C2S estándar para AVIET?
  - Lo primero que debería caracterizar a un C2S debería ser su fiabilidad, es decir, debe tener capacidad para enlazar con la unidad que está desplegada en cualquier momento y cualquier circunstancia. Actualmente uno de los problemas es la conexión debido a los obstáculos que presenta la orografía o el alcance de la propia señal de transmisión.
  - Lo segundo que debe de ser es seguro, sobre todo ahora con el entorno en el que vivimos repleto de amenazas cibernéticas resulta de una gran importancia. Ya no solo el hecho de que pueda captar la localización del helicóptero, que al fin y al cabo es una aeronave que cambia su posición; pero si el enemigo es capaz de encontrar el puesto de mando, que está fijo, ya tendrá acceso a toda la información que se esté moviendo.
  - Además, el sistema debe de ser redundante, tener alternativas. El sistema de mando y control no es sólo un aparato, sino que se basa en personal operador y medios físicos. Estos medios físicos no pueden ceñirse a un único elemento, por ejemplo, fíjate en cuántas radios llevas en el helicóptero para tratar de asegurar la comunicación. Entonces, el sistema debe ser, además de capaz de resistir un ataque, redundante con otro sistema que, aunque no posea las mismas características, asegure unos mínimos.
  - Sin embargo, no hay que olvidar que el piloto tiene mucha atención que poner a su vuelo y a todo lo que le concierne, por lo tanto, debe ser un sistema intuitivo, amigable, sencillo.
3. Si este C2S permitiese añadir capacidades, ¿añadiría alguna para su unidad?
  - No. Al fin y al cabo, la aeronave va a interactuar con otras aeronaves que estén desplegadas junto con tu unidad y debe ser un sistema estándar, evitando la complejidad de adaptar cada C2S a la aeronave en cuestión.
4. ¿Qué opinión le merece apoyar este C2S en medios civiles, tales como *Garmin*, que en este caso puede proporcionar información GPS?



- Podría apoyarse, pero para completar en un momento dado al C2S. Podría recibir información GPS de los medios integrados en el helicóptero, ya que la señal recibida por los equipos del helicóptero será más fiable que otro aparato móvil que se esté usando. Más allá de eso, no lo utilizaría.
5. ¿Qué desventajas destacaría a la hora de usar un medio civil como C2S?
- Sí es cierto que el medio civil te puede proporcionar muy buenas capacidades. Muchos pilotos usan aplicaciones de navegación tales como TwoNav o Skydemon, pero estos no funcionan en el sitio al que te vayan a desplegar, como Irak. Existe la posibilidad de usar la red telefónica civil del país, pero puede estar comprometida o fuera de servicio. En este punto, quiero mencionar que el uso de estas aplicaciones civiles para la instrucción y adiestramiento resulta de una gran efectividad para la misión, pero solo pueden usarse en TN, entonces constituye una especie de “autoengaño”, ya que este medio no será el que se vaya a usar en ZO. Cuando vayas a ZO y toda tu instrucción esté basada en sistemas que solo funcionan en tu país, vas a tener un problema.
  - Además, pongo el ejemplo del actual conflicto en Ucrania. Uno de los primeros elementos en caer en las zonas en las que hay combates probablemente sea la red de comunicaciones civil, que ya de por sí es vulnerable, entonces ¿es razonable apoyar tu sistema de mando y control en un medio civil? Toda la información que te proporcione dicho sistema estará comprometida, o incluso insuficiente.
6. A la hora de buscar un sistema de mando y control que sea utilizable en ZO, habrá que seleccionar aquellos que se ajusten a las condiciones que le ocupan. En este aspecto, ¿qué nivel de importancia tiene la interoperabilidad del sistema? ¿ha usado usted algún sistema de mando y control interoperable durante su último despliegue?
- Durante el despliegue mi experiencia es que, en cuanto a las comunicaciones, sólo podía comunicarme con los americanos (meter un número que explique a final de página por qué los americanos) necesitaba medios civiles, dado que nuestra radio PR4G no posee esta capacidad, es únicamente compatible con ella misma. Esto cambia en el caso de la versión F del Chinook, en el que las radios sí son interoperables.
  - Sin embargo, a la hora de integrarse en unidades de otros países, se utilizaba una única radio para la sola transmisión de datos de voz en claro. Sería una cualidad ideal que este sistema de mando y control contase con medios que lo hicieran interoperable con aquellos ejércitos con los que se trabaja.



## ENTREVISTA CON EL TENIENTE D. SERGIO IBARRA DOMÍNGUEZ

En esta entrevista se presenta la conversación vía e-mail establecida con el Teniente del arma de Transmisiones D. Sergio Ibarra Domínguez, desplegado en la Base Aérea de Al Asad, Irak. Encuadrado en la *Task Force Toro Signals Chief*, ha dedicado parte de su tiempo a responder a unas preguntas que han contribuido a la realización de este trabajo.

A continuación, se presentan por orden las preguntas y respuestas formuladas al entrevistado:

1. ¿Qué sistema de mando y control se utiliza actualmente en ZO? ¿Cómo es la interacción con el puesto de mando y qué deficiencias presenta (si lo hace)?
  - Actualmente en ZO no contamos con un sistema de mando y control de aeronaves, pero si tenemos un sistema de seguimiento de las aeronaves con unos GPS *Garmin* que van en la cabina del helicóptero.
  - Por otra parte, tenemos una red radio de combate para enlace con los helicópteros y para el enlace dentro de la patrulla de helicópteros. Esta red se encuentra limitada por el alcance que tiene, unos 20-30 km a lo sumo. Por lo tanto, habitualmente (prácticamente siempre) el enlace con los helicópteros desde el TOC se hace con medios de cobertura global. Sin embargo, durante esta rotación hemos montado el ATAK, que actualmente se encuentra en pruebas.
2. Imagino que se usa ATAK.mil por sus características que lo hacen tanto fiable como seguro (conexión satelital y red cifrada), ¿me puede confirmar que es así? En caso contrario, ¿qué versión se utiliza? En cualquier caso, ¿quién es el responsable de proporcionar/contratar esos servicios?
  - Hemos utilizado el ATAK civil, porque el militar es de pago. Su canal de transmisión es la red GSM, la cobertura móvil con tarjetas SIM de prepago de *ZAIN IQ*, una empresa de telefonía móvil similar a movistar, de origen iraquí. Para ello hemos montado un "servidor virtual" a través de la VPN *ZeroTier* y una red cifrada con AES256 de código único.
  - En conclusión, no estamos integrados en ninguna otra red, ninguna unidad superior nos proporciona ningún servicio y es la Unidad de Transmisiones quien es la responsable de todo el sistema, puesto que lo hemos montado nosotros y somos quien mantenemos actualizado el sistema. Como he dicho, esto es un sistema en pruebas y no es nada oficial. Sin embargo, hay dos contingentes españoles desplegados aquí que sí lo usan de manera oficial. Uno de ellos usa el ATAK proporcionado por el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC).
3. Una de las características más importantes que se han recogido para este trabajo es que un C2S debe ser redundante. Siempre bajo la premisa de trabajar en un entorno seguro. ¿qué me puede decir acerca de esto, en relación con el sistema ATAK?
  - A este respecto te puedo decir que ahora mismo el ATAK es cierto que no sea lo más seguro. Sin embargo, siempre que se tenga un servidor y se cree una red local cifrada, en teoría es una red segura. Es bastante fiable, suele dar pocos fallos, pero hay zonas donde si se llega a perder la conexión. Y es cierto, que es muy intuitivo porque es como un Maps, incluso le hemos cargado los mapas de Google Maps para facilitar el trabajo a los pilotos.



## ENTREVISTA CON EL TENIENTE D. DIEGO GARCÍA SÁNCHEZ

El Teniente D. Diego García Sánchez, que lleva dos años en el MOE, ha podido realizar esta entrevista cuya solicitud requería ciertos permisos desde empleos de Oficial General, por lo que el valor de esta entrevista destaca por su exclusividad.

Sin entrar en ningún tipo de información confidencial, el Teniente ha accedido a responder unas preguntas acerca del uso del sistema ATAK por parte de su unidad, es decir, desde su propia experiencia. No obstante, no está autorizado a revelar información acerca de su uso fuera del territorio nacional.

A continuación, se presentan por orden las preguntas y respuestas formuladas al entrevistado:

1. ¿Cuánto tiempo se lleva utilizando el ATAK como sistema de mando y control en los ejercicios con las Unidades de operaciones especiales?
  - Este sistema se lleva utilizando aproximadamente 3 años en un nivel organizativo bajo.
  - Su uso ha sido posible gracias a la libertad de acción que nuestras unidades poseen a la hora de trabajar. Se empezó a utilizar una vez que se comprobó su efectividad tras ver su uso en las unidades de operaciones especiales americanas.
2. ¿Cuál es el nivel de seguridad en el que operan con este sistema?
  - En sus inicios, y con su uso en pruebas con el ATAK versión civil (ATAK.civ), no se usaba ningún tipo de securización hasta que su uso fue obligando a la organización a utilizar una red VPN que cuenta con un alto grado de securización para evitar así el acceso mediante algún método de las ubicaciones, conversaciones, fotografías o conceptos de *training* los ejercicios realizados.
  - Esta red VPN está controlada por un servidor controlado por el MOE. No obstante, es cierto que ninguna tiene las funcionalidades que tiene funcionalidades que tiene la versión militar (ATAK.mil), por lo que se optó por comprar una licencia.
3. ¿Qué ventajas y desventajas sugiere con respecto a este sistema?
  - Una desventaja fundamental es su elevado coste económico.
  - Por otro lado, tiene grandes ventajas como la posibilidad de añadir plug-in's o capacidades al gusto tal y como es la interfaz de un *Call Manager* para poder realizar llamadas a través del servidor de ATAK. Esto afecta positivamente a la flexibilidad de la operación, permitiendo crear el programa ad-hoc a tus necesidades.
  - Además, una característica destacable es que este sistema tiene la capacidad de enviar la información de los dispositivos de ATAK al servidor a través de cualquier dispositivo radio que permita comunicación IP, como la radio ANPRC 152-A, con lo que pueden formar una malla en la que se puede proceder de esta manera.
  - Otra característica que me parece interesante es que tiene una interfaz intuitiva, de fácil comprensión.
  - En cuanto a compartir información, otro aspecto destacable es que se pueden compartir las imágenes o vídeos en tiempo real de cualquier dron que esté



integrado en el sistema, a través del cual cualquier operador del servidor puede ver esta multimedia.

4. ¿Qué medios físicos utilizan con el ATAK como sistema de mando y control?
  - En primer lugar, decir que los dispositivos que se utilizan están capados (meter núm. Y aclararlo: no tiene acceso a internet, no se puede realizar descargas de otras aplicaciones en ellos, tiene ciertas partes del SO del dispositivo desactivadas o limitadas, etc.) para que estén única y exclusivamente al servicio de la aplicación. Estos dispositivos, marcados por las directrices del CNI con respecto a los modelos a comprar, van desde teléfonos móviles, como bien son los Samsung S20, hasta tablets. No obstante, también hay que tener en cuenta que el sistema es compatible con Windows (WinTAK) por lo que el puesto de mando, por ejemplo, puede controlar la operación desde un ordenador.
  - Realmente, teniendo VPN segura con sus certificados de punto a punto, y un firewall físico, hay que terminar de hacerlo bien. Para ello, hay que buscar el mejor nivel de securización posible, por lo que algunas marcas de dispositivos no son compatible con este ejercicio si se busca la seguridad, ya que detrás de sus SO no sabes exactamente qué puede ocurrir. Todo depende de las faltas de seguridad que estés dispuesto a tener, pero esto se tiene que equilibrar con el presupuesto existente.
5. ¿Alguna vez el sistema le ha dado algún fallo? En ese caso, ¿tienen alguna otra alternativa?
  - El sistema como tal no da fallos, en cualquier caso, pueden existir problemas de conectividad en territorio nacional, dado que se utiliza cobertura 3G, 4G o 5G, por lo que dependemos de su disponibilidad. *[En este punto el Teniente se refiere al ATAK.civ que se usa en TN].*
6. ¿Alguna vez se ha utilizado en conjunto con helicópteros en algún ejercicio?
  - Lo que hacemos para interactuar con otras unidades dentro de este sistema de mando y control es proveer a aquellas que lo requieran de dispositivos con la licencia del MOE y que así puedan sacar provecho de este sistema en el desarrollo del ejercicio conjunto.
7. Personalmente, ¿Qué grado de satisfacción le merece este sistema? Puntúe del 1 al 10.
  - Personalmente, lo puntúo con un 8. El hecho de que no sea un sistema oficial es una limitación a nivel organizativo que no se puede pasar por alto, es decir, no es un sistema de mando y control implementado por el Ejército de Tierra.



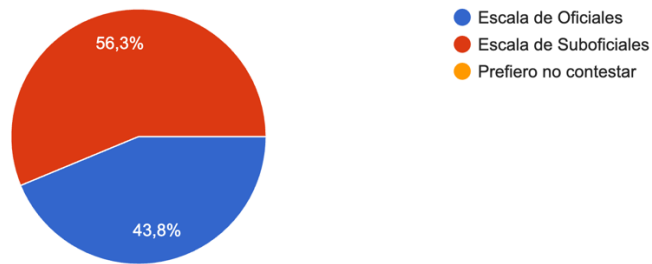


## Anexo IV

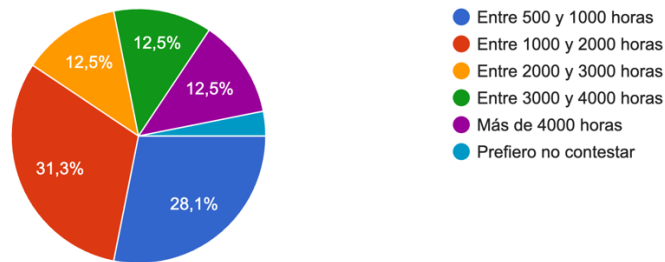
# RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Se presenta a continuación una serie de imágenes que se corresponden a las capturas de pantalla de las respuestas y resultados obtenidos con la encuesta virtual realizada a los 32 pilotos de las FAMET.

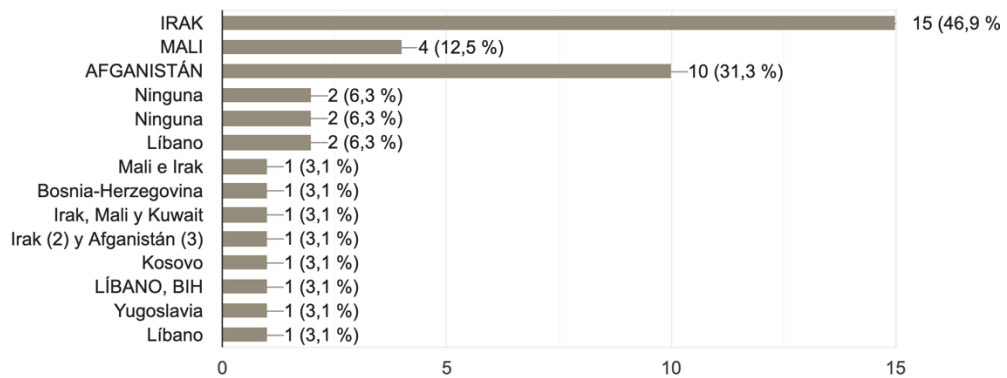
Escales a la que pertenece:  
32 respuestas



Horas de vuelo:  
32 respuestas



Misiones fuera del TN:  
32 respuestas

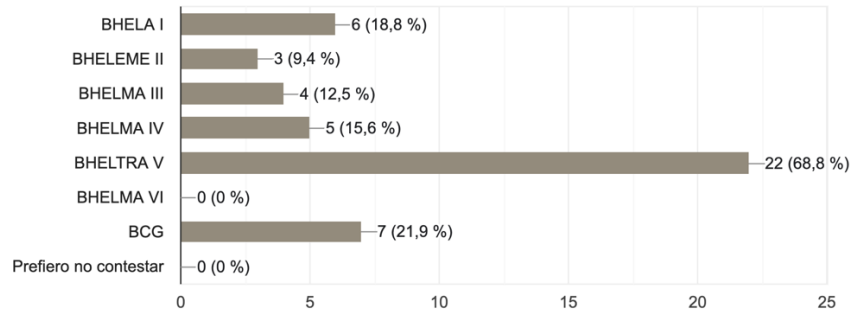




Erik Franz Mühlen Ruiz

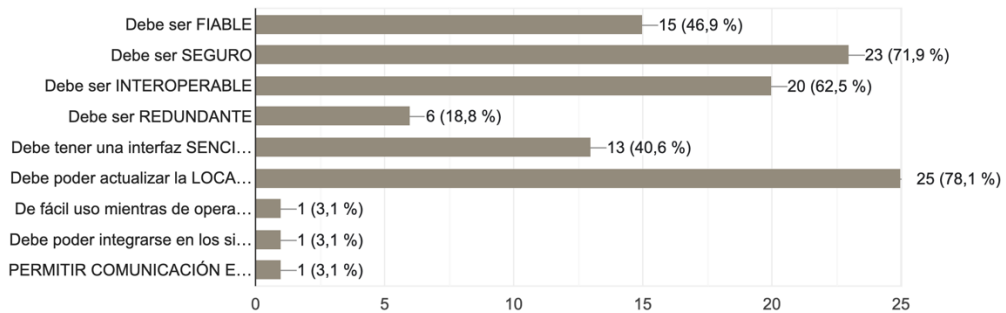
Unidades de vuelo en FAMET en las que ha estado destinado/a

32 respuestas



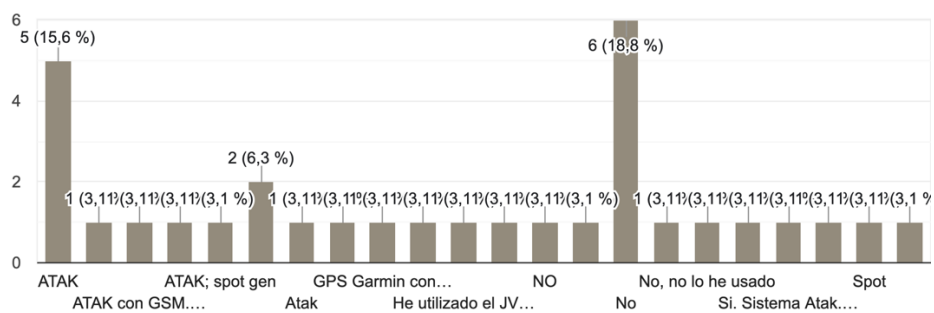
De los siguientes requisitos que debería tener un C2S para la óptima ejecución de la misión, señale cuál o cuáles son más importantes para usted: (Máximo 3 opciones)

32 respuestas



¿Ha utilizado algún C2S que permita el mando y control en vuelo en tiempo real? ¿Cuál? En misiones o en TN, es indiferente.

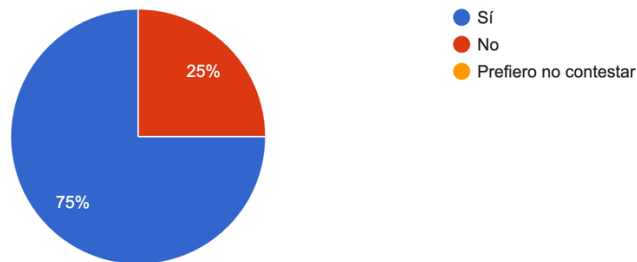
32 respuestas





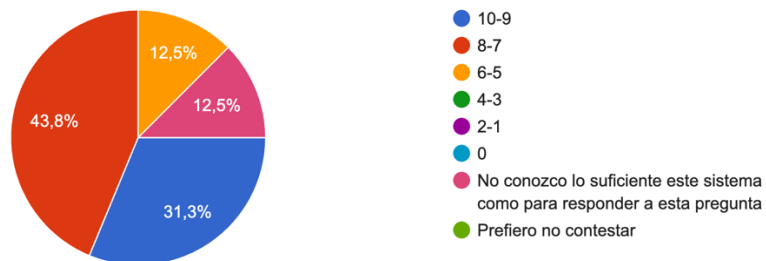
Actualmente, y en el transcurso de este trabajo, se coteja la posibilidad de plantear el ATAK en su versión militar como propuesta de C2S estándar pa... incluso trabajado con alguna de sus versiones?

32 respuestas



Dadas las características avanzadas del sistema ATAK.mil (conexión satélite, seguridad, actualización en tiempo real, medio militar no civil...ón y el 0 un rechazo total, responda esta pregunta:

32 respuestas



**NOTAS:**

- La pregunta abierta que contiene respuestas largas no se ha expuesto en las imágenes por poseer algunas respuestas que contienen información sensible.
- En la pregunta de selección de requisitos, el lector habrá podido acusar la presencia de una opción más: “De fácil uso mientras (...)”, pero es igual a “Debe tener una interfaz SENCILLA”, por lo que se han contado ambas como el mismo requisito.





## Anexo V

# DISPOSITIVOS DE LOCALIZACIÓN GPS

## RESULTADOS DISPOSITIVOS DE COMPAÑÍAS CIVILES UTILIZADOS PARA EL MANDO Y CONTROL DE HELICÓPTEROS

En este anexo se muestran los dos modelos que, tanto en TN como en ZO durante despliegues, se han utilizado como “spotter”, funcionando como localizador de las aeronaves. Indicando así la posición de las mismas con un tiempo de actualización menor a 60 segundos. (Ver Figuras 10 y 11).

La diferencia entre estos dos dispositivos radica en que el *Garmin Inreach* permite mandar mensajes de texto vía satélite y el *Spot Gen 3* tiene unos mensajes predefinidos básicos. Los últimos “spotter” que se han adquirido son los de la marca *Garmin*.



Figura 10. Garmin Inreach. Fuente: Página web oficial de Garmin.



Figura 11. Spot Gen 3. Fuente: Página oficial de Globalstar.