

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL EN USO EN EL ET DENTRO DEL ÁMBITO DE LAS PEQUEÑAS UNIDADES DE CABALLERÍA

Autor

CAC D. JAIME MARTINEZ RAMOS

Directores

Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López

Capitán D. Jacobo Castaño Martin

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y
CONTROL EN USO EN EL ET DENTRO DEL ÁMBITO DE LAS
PEQUEÑAS UNIDADES DE CABALLERÍA

CAC JAIME MARTÍNEZ RAMOS





Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi Director Académico, el Teniente Coronel de Caballería D. Carlos Ruiz López su apoyo para que este trabajo de fin de grado haya podido salir hacia delante gracias a su continua revisión y apoyo.

También, he de agradecer al Grupo de Caballería Ligero Acorazado “Reyes Católicos” II de la Legión las ayudas que me han brindado durante mi estancia en dicha unidad. En especial, tengo que agradecer al Capitán D. Jacobo Castaño Martín, mi Director militar, por poner a mi disposición el ELAC-2 para lo que necesitase, por sus enseñanzas, que aplicaré en mis futuros destinos y por ese amor al Arma de Caballería. Por supuesto, agradecer a todos los componentes de la SLAC I del mencionado Escuadrón, en especial al Teniente D. Sergio Sánchez Villa, referente en el ejercicio del mando. Este trabajo no habría podido ser acabado sin la ayuda del Sargento D. Francisco Carrasco Flores, que me enseñó todos los aspectos técnicos que desconocía de los sistemas de mando y control.

Agradecer también a mi familia su comprensión y apoyo en estos cinco largos años de formación, ellos han sufrido y celebrado conmigo. Por último, agradecer a la LXXVII (y a aquellos que se quedaron en el camino) y a la CLXXXV promoción de Caballería los cuales no son compañeros sino hermanos.



RESUMEN

En las unidades de Caballería, el mando y control se hacen fundamentales para el buen planeamiento y conducción de las operaciones. Sin esta función, el Arma de Caballería no podría cumplir con sus características, las cuales son: velocidad, movilidad, flexibilidad y fluidez.

Con la actual revolución tecnológica, el Ejército de Tierra español se está dotando de sistemas electrónicos que facilitan en gran medida el cumplimiento de dicha función, ya que permiten al Jefe controlar su unidad a grandes distancias, razón de ser de la Caballería: los despliegues amplios. Actualmente, dentro del ámbito de las Pequeñas Unidades de maniobra, existen dos sistemas predominantes; BMS-ET y TALOS.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis comparativo de ambos sistemas, para que, en un futuro, las unidades del Arma puedan estar dotadas con un sistema de mando y control único que tenga todas las funcionalidades que precisa el Jefe para facilitar su labor y cumplir eficaz y eficientemente con las misiones asignadas al Arma.

Para poder realizar este análisis comparativo, se han empleado tanto técnicas cualitativas (encuestas, entrevistas, grupos de expertos) como cuantitativas (metodología AHP, diagrama de Gantt, análisis DAFO, diagrama de Pareto), la mayoría de ellas aprendidas en el Grado de Ingeniería de Organización Industrial (Perfil Defensa).

El resultado del proyecto ha sido que BMS-ET es un sistema de mando y control más conveniente para unidades de Caballería, al estar dichas unidades enfocadas hacia la maniobra y la obtención de información. TALOS, aunque no deje de ser un sistema de mando que permite realizar funcionalidades similares a BMS-ET, posee otras muchas funcionalidades o subsistemas que las unidades de Caballería no precisan, y que el Arma de Artillería sí requiere para poder controlar y coordinar a sus unidades de apoyo de fuego. Además, BMS-ET puede funcionar con medios de transmisiones en dotación en el Ejército de Tierra, de forma que supone menores costes en caso de realizar una inversión en medios, para poder sostener la red de TALOS en las plataformas utilizadas por la Caballería.

Obviamente, BMS-ET tiene sus deficiencias. Es por ello, por lo que se sugieren unas propuestas de mejora que se puedan implementar mediante actualizaciones al sistema. Las más destacadas son: implementar radios en dotación con mayor ancho de banda, permitir el envío en línea de los ficheros de misión que permitan iniciar el programa sin necesidad de tener que realizarlo mediante un periférico externo, o proponer una interfaz más sencilla.

Actualmente, los sistemas siguen teniendo muchos fallos, y los técnicos están tratando de solucionar estos errores para poder operar correctamente con ellos, pero indudablemente la línea a seguir es un sistema de mando y control único sobre la base de BMS-ET.

PALABRAS CLAVE

Mando, control, Caballería.



ABSTRACT

In Cavalry units, command and control become a priority for the good planning and conducting of the operations. Without this function, the Cavalry branch could not be able to accomplish with its characteristics, which are: speed, mobility, flexibility and fluency.

With the current technological revolution, the Spanish Army is being provided with electrical systems which make it easier, in great measure, to accomplish that function, because they allow the commander to control his unit in long distance, which is the reason of being of the Cavalry: large deployments. Currently, in the sphere of small units of maneuver, there are two predominant systems BMS-ET and TALOS.

The goal of this project is to carry out a comparative analysis of both command-and-control systems, so that in a future, the branch units will be supplied with a unique command and control system which has all the functionalities the command echelon needs to facilitate its labor and accomplish effectively and efficiently with the missions assigned to the branch.

In order to make this comparative analysis, many qualitative techniques have been used, such as surveys, interviews, expert's groups as well as quantitative techniques (AHP methodology, Gantt diagram, SWOT analysis, Pareto diagram), all of them learned in the Industrial Organization Engineering Degree (Defense profile).

The project's outcome has shown that BMS-ET is a command-and-control system optimal for the Cavalry units because these units are focused on the maneuver and information obtaining. Although TALOS allows same functionalities as BMS-ET, it has other functionalities or subsystems which the Cavalry units do not need, but the Artillery branch require to be able to control and coordinate its fire support units. Moreover, BMS-ET, can operate with the transmission devices of the Spanish Army, so it implies less costs when it comes to make an investment in devices to sustain TALOS.

Obviously, BMS-ET, has its deficiencies. That is why some improvement proposals are suggested which can be implemented by updates to the system. The most prominent are: implement radios with more bandwidth, allow online sending of mission files that can start the program without an external peripheral, or propose a simpler interface.

Currently, the systems have many mistakes, and the technicians are working on fixing these errors to be able to operate correctly with them, but undoubtedly the line to follow is to establish a unique command and control system based on BMS-ET.

KEYWORDS

Command, control, Cavalry.



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	IV
PALABRAS CLAVE.....	IV
ABSTRACT.....	V
KEYWORDS.....	V
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. CONTEXTO	2
1.3. ¿POR QUÉ UN SISTEMA DE MANDO Y CONTROL?	3
1.4. APLICACIÓN AL ARMA DE CABALLERÍA	5
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	8
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE	8
2.2. METODOLOGÍA	8
2.2.1. Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt	9
2.2.2. Revisión bibliográfica.....	9
2.2.3. Grupo de expertos	10
2.2.4. Observación directa.....	10
2.2.4.1. Metodología FADECO.....	11
2.2.4.2. Envío de observadores.....	11
2.2.5. Encuestas	11
2.2.5.1. Análisis estadístico.....	12
2.2.6. Entrevistas.....	12
2.2.7. Metodología de decisión multicriterio. AHP.....	12
2.2.8. Análisis DAFO.....	14
2.2.9. Diagrama de Pareto	14
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)	14
3.1. PLAN MC3	14
3.2. BMS-ET.....	15
3.3. TALOS	18
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	20
4.1. DIAGRAMA DE GANTT	20
4.2. OBSERVACIÓN DIRECTA	21
4.2.1. Envío de observador	23
4.3. ENCUESTAS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO.....	24
4.4. ENTREVISTAS.....	26
4.5. METODOLOGÍA DE DECISIÓN MULTICRITERIO.AHP.....	29
4.6. ANÁLISIS DAFO.....	34
4.7. DIAGRAMA DE PARETO	35
5. CONCLUSIONES.....	37
5.1. PROPUESTAS DE MEJORA.....	38
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40



ANEXOS.....	41
Anexo I. Encuesta	42
Anexo II. Resultados de la encuesta	45
Anexo III. Análisis estadístico.....	49
Anexo IV. Entrevistas.....	53
Anexo V. Tabla comparativa de aspectos técnicos de instalación	55
Anexo VI. Resultados metodología AHP.....	56
Anexo VII. Despliegue del sistema de morteros con TALOS.....	60
Anexo VIII: Vehículos de Caballería.....	61



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: BMS-LINCE instalado sobre CC Leopard 2E. Fuente: "Sistemas de Mando y Control de Caballería" (AGM-TM-402).....	2
Figura 2: Estructura Orgánica del GCLAC "Reyes Católicos" II de la Legión. Fuente: Asignatura "El combate de la Caballería" (ACAB-TA-009).	3
Figura 3: Estructura Orgánica de un ELAC. Fuente: Asignatura "El combate de la Caballería" (ACAB-TA-009).	3
Figura 4: jefe de una sección de exploración y vigilancia. Fuente: Táctica. Empleo de las pequeñas unidades de Caballería: Los Grupos (PD4-200 Vol.1).	4
Figura 5: pelotón de Caballería llevando a cabo un reconocimiento. Fuente: Secciones de combate de Caballería (MA-202).	7
Figura 6: Representación gráfica de las fases de la metodología AHP. Fuente: imagen cedida por el Teniente Coronel Carlos Ruiz.	13
Figura 7: Pantalla principal del BMS. Fuente: Manual de BMS.....	16
Figura 8: Relación entre perfiles de usuario y acceso a funcionalidades del sistema. Fuente: Manual BMS-ET	18
Figura 9: Despliegue sistema TALOS al completo. Fuente: Documento de diseño de instalación.....	20
Figura 10: Estación PCBON. Foto tomada por el autor.	21
Figura 11: esquema despliegue de medios CIS durante la realización del ejercicio TORO 21. Fuente: Elaboración propia del Jefe SLAC III.....	23
Figura 12: análisis estadístico. Fuente: elaboración propia.	25
Figura 13: encuesta CUMAs. Fuente: elaboración propia.....	26
Figura 14: El pelotón de MP es la unidad orgánica de apoyos de fuego inmediato de que dispone el escuadrón. Fuente: Táctica. Empleo de las pequeñas unidades de Caballería: unidades subordinadas (PD4-200)	27
Figura 15: Etapa 1: Formulación del problema. Fuente: elaboración propia.....	30
Figura 16: selección de alternativas y criterios. Fuente: elaboración propia.....	31
Figura 17: Diagrama de Pareto. Fuente: elaboración propia.	36
Figura 18: es necesario mejorar la interoperabilidad entre sistemas por ejemplo con unidades de helicópteros. Fuente: Táctica: empleo de las pequeñas unidades de Caballería: los Grupos (PD4-20 Vol. 1)	38
Figura 19: Encuesta CUMAs. Fuente: elaboración propia.	42
Figura 20: encuesta CUMAs. Fuente: elaboración propia.....	43
Figura 21: encuesta CUMAs. Fuente: elaboración propia.....	44
Figura 22: Resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.	45
Figura 23: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.....	46
Figura 24: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.....	47
Figura 25: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.....	48
Figura 26: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.....	48
Figura 27: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	49
Figura 28: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	49
Figura 29: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	50
Figura 30: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	50
Figura 31: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	50
Figura 32: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	51
Figura 33: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	51
Figura 34: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	51
Figura 35: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	52
Figura 36: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.	52
Figura 37: Programa AHP. Fuente: elaboración propia.	56
Figura 38: árbol AHP. Fuente: elaboración propia.	56
Figura 39: escuadra de morteros pesados una vez efectuado el fuego; destacando el peligro que supondría el estar de pie junto a la boca de fuego en el momento del disparo. Fuente: Manual MI4-206: "Escuadra/Pelotón de Morteros Pesados de Caballería".	60
Figura 40: VEC y VAMTAC S3. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).	61
Figura 41: VERT. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).	61
Figura 42: VRCC Centauro. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).	61



Figura 43: VEC y CC Leopardo 2E. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).	61
Figura 44: Leopard 2A 4. Fuente: Infodefensa.	61
Figura 45:VCC Pizarro. Fuente: Defensa.com.	61



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: FADECO. Fuente: Proceso de planeamiento de las operaciones a nivel táctico (PD4-026).....	11
Tabla 2: escala Saaty que se va a utilizar en el presente trabajo. Fuente: elaboración propia.	13
Tabla 3: Tabla de actividades a realizar en el trabajo. Fuente: elaboración propia.	21
Tabla 4: Diagrama de Gantt. Fuente: elaboración propia.	21
Tabla 5: Aplicación método FADECO. Fuente: elaboración propia.	22
Tabla 6: Evaluación de criterios. Fuente: elaboración propia.....	31
Tabla 7: evaluación de subcriterios. Fuente: elaboración propia.	32
Tabla 8: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.	32
Tabla 9: matriz de decisión. Fuente: elaboración propia.....	33
Tabla 10: DAFO TALOS. Fuente: elaboración propia.	34
Tabla 11: DAFO BMS-ET. Fuente: elaboración propia.	35
Tabla 12: causas de error BMS-ET. Fuente: elaboración propia.	36
Tabla 13: tabla comparativa de aspectos técnicos de instalación. Fuente: elaboración por parte del especialista de informática del GCLAC "Reyes Católicos" II	55
Tabla 14: evaluación criterios. Fuente: elaboración propia.	57
Tabla 15: evaluación de subcriterios. Fuente: elaboración propia.	57
Tabla 16: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.	57
Tabla 17: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.	58
Tabla 18: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.	58
Tabla 19: matriz de decisión. Fuente: elaboración propia.....	59



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- ACA: Artillería de Campaña
- ACAF: Adquisición y Coordinación de Apoyos de Fuegos
- ACLOG: Academia de Logística
- AGM: Academia General Militar
- AHP: *Analytic Hierarchy Process*, Proceso de Jerarquización Analítica
- APOFU: Apoyos de Fuegos
- BFT: *Blue Force Tracking*
- BMS-ET: *Battlefield Management System-ET*
- BRIEX: Brigada Experimental
- BRILEG: Brigada de la Legión
- BRIPAC: Brigada Paracaidista
- C2IS: *Command and Control System*, Sistema de Mando y Control
- CC: Carro de Combate
- CENAD: Centro Nacional de Adiestramiento
- CNLTT: Coche Ligero Todo Terreno
- CO: Centro de Operaciones
- CUMA: Cuadro de Mando
- DAFO: Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
- DIDOM: Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales
- EA: Ejército del Aire
- ELAC: Escuadrón Ligero Acorazado
- EME: Estado Mayor del Ejército
- EPLMS: Escuadrón de Plana Mayor y Servicios
- ET: Ejército de Tierra
- EW: *Electronic Warfare*, Guerra Electrónica
- FADECO: Factor, Deducción, Conclusión
- FDC: *Fire Director Center*, Centro Director de Fuegos
- FFT: *Friendly Force Tracking*, Sistema de Seguimiento de unidades amigas
- FRAGO: *Fragmentary Order*, Orden Fragmentada
- FSC: *Fire Support Coordinator*, Coordinador de apoyos de fuegos
- GACALEG: Grupo de Artillería de Campaña de la Legión
- GCAC: Grupo de Caballería Acorazado
- GCLAC: Grupo de Caballería Ligero Acorazado



- GCLAC: Grupo de Caballería Ligero Acorazado
- GESCOM: Gestor de Comunicaciones
- GPS: *Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global
- GT: Grupo Táctico
- GU: Gran Unidad
- HF: *High Frequency*, Frecuencia alta
- IHM: Interfaz Hombre Máquina
- INTE: Integración Terreno-Enemigo
- IP: *Internet Protocol*
- JU: Jefe de Unidad
- LAN: *Local Area Network*, Red de Área Local
- OAV: Observador Avanzado
- OPORD: *Operations order*, orden de operaciones
- OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte
- PC: *Post of Command*, Puesto de Mando
- PCBON: Puesto de Mando de Batallón
- PEXT: Prácticas Externas
- PLM: Plana Mayor
- PLMM: Plana Mayor de Mando
- PU: Pequeña Unidad
- QRF: *Quick Reaction Force*
- RC: Regimiento de Caballería
- RI: Razón de inconsistencia
- RPAS: *Remotely Piloted Aircraft System*
- RRC: Red Radio Combate
- SEV: Sección de Vigilancia
- SIG: Sistemas de Información Geográfica
- SIMACET: Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra
- SLAC: Sección Ligero-Acorazada
- T2T: Táctico a Técnico
- TACP: *Tactical Air Control Party*, Grupo de control aéreo táctico
- TDMA: Transmisión de datos a alta velocidad
- TFG: Trabajo de Fin de Grado
- UHF: *Ultra High Frequency*, Frecuencia ultra alta
- VCC: Vehículo de Combate de Caballería
- VEC: Vehículo de Exploración de Caballería



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y
CONTROL EN USO EN EL ET DENTRO DEL ÁMBITO DE LAS
PEQUEÑAS UNIDADES DE CABALLERÍA

CAC JAIME MARTÍNEZ RAMOS



- VERT: Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre
- VH: Vehículo
- VHF: *Very High Frequency*, Frecuencia muy alta
- VRCC: Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería
- ZA: Zona de Acción



1. INTRODUCCIÓN

“En la guerra no se debe uno jamás atar a lo absoluto, ni ligarse a un conjunto irrevocable de decisiones. Como cualquier juego de azar, la guerra no tiene un final preconcebido. La lucha debe, en todo momento, adaptarse a las circunstancias y estas últimas son siempre fluctuantes.”

(Fuller, 1965)

1.1. ANTECEDENTES

La Caballería es el Arma del reconocimiento, la seguridad y el contacto (MADOC, 2017), donde las necesidades de información del campo de batalla para los Jefes, ya sea de unidad (JU) o de vehículo (VH) se hacen vitales para poder cumplir con cualquier misión asignada. En las unidades de Caballería caracterizadas por sus amplios despliegues y por la realización de reconocimientos para obtener información, se convierte en indispensable el uso de sistemas de mando y control (C2IS) (Muñoz, 2019). Así concluye su artículo del *Memorial de Caballería* (publicación de referencia dentro del Arma), el Sargento Primero Rubén Morales Muñoz, que además especifica que estos sistemas deben ir instalados en los vehículos de la unidad.

Para el autor de la siguiente memoria, una definición de sistemas de mando y control es “una herramienta que permite planear cualquier tipo de operación y facilita al JU la labor de realizar el seguimiento de la operación”. Entre las funcionalidades más importantes de cualquier sistema destacan el posicionamiento de las unidades, el envío de mensajería instantánea, la elaboración de medidas de coordinación o incluso conocer las necesidades logísticas de la unidad: consumo de combustible, porcentaje de daños en los vehículos... Estos sistemas son utilizados por vehículos de combate (o incluso existen configuraciones portátiles para el combatiente a pie), mediante medios radio o redes de telefonía.

En el año 2012, el Ejército de Tierra (ET) comenzó la instalación del sistema de seguimiento de fuerzas FFT (Friendly Force Tracking) o Blue Force Tracking (BFT), como eran denominados anteriormente. Estos sistemas de mando y control debían tener una elevada agilidad y una respuesta temporal muy rápida, muy cercana al tiempo real, para realizar un seguimiento eficaz de las fuerzas propias y evitar el fuego amigo. Además, precisaban tener una gran adaptabilidad frente a perturbaciones del sistema y presentar un elevado grado de interoperabilidad con otros sistemas de mando y control de países pertenecientes a la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) (Llopis, 2009).

Este sistema fue instalado como algo transitorio, aunque llegó incluso a ser desplegado en alguna misión como la Operación Libre Hidalgo (MADOC, 2019), desarrollada en el Líbano. La misión cuenta con la presencia de vehículos y personal del Arma de Caballería, al existir una *Quick Reaction Force* (QRF) en base a un Escuadrón de Caballería. La QRF actúa en situaciones de emergencia, y por ello es primordial conocer el lugar tanto del suceso, como de las unidades actuantes que se encuentran sofocando la emergencia.

A partir del 2014, el Estado Mayor del Ejército (EME) ordena interrumpir el proceso de dotación del FFT a las unidades, y este se va sustituyendo por el sistema de mando y control Battlefied Management System – ET (BMS-ET), el cual será objeto de análisis en el presente trabajo. Para el caso particular de las unidades de carros de combate (CC) Leopard 2E, se instala el BMS-LINCE (MADOC, 2019). No existen grandes diferencias entre ambos sistemas, sino que únicamente el BMS-LINCE incluye una serie de funcionalidades específicas para el Leopard 2E, como el modo de transmisión de datos, o información relativa al consumo de munición o del combustible (MADOC, 2019).



Figura 1: BMS-LINCE instalado sobre CC Leopard 2E.
Fuente: "Sistemas de Mando y Control de Caballería" (AGM-TM-402)

1.2. CONTEXTO

El autor de el Trabajo de Fin de Grado aquí expuesto realizó sus prácticas externas (PEXT) en el segundo Escuadrón Ligero Acorazado (ELAC) del Grupo de Caballería Ligero Acorazado (GCLAC) "Reyes Católicos" II perteneciente a la Brigada "Rey Alfonso XIII" II de la Legión (BRILEG).

Tal y como define la publicación *Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos* (PD4-200):

El Grupo de Caballería es la unidad táctica fundamental configurada para desempeñar, esencialmente en beneficio de la maniobra de una brigada o de la organización operativa¹ que se determine, los cometidos tradicionales del Arma de Caballería, así como todos aquellos derivados de los nuevos requerimientos operativos que se le encomienden, en todo el espectro del conflicto (MADOC, 2019).

El Grupo de Caballería es en esencia la primera Pequeña Unidad del Arma (PU), cuya estructura orgánica le permite la preparación, instrucción, adiestramiento y constitución de una organización operativa de entidad Grupo Táctico (GT), que se encuentre encuadrada en una agrupación táctica superior². Este GT, debe ser reforzado con las unidades de apoyo que sean necesarias en cada momento para que pueda desarrollar todos sus cometidos en el entorno operativo donde se emplee (MADOC, 2019). Los Grupos de Caballería están equipados fundamentalmente con vehículos blindados de exploración (VEC), de reconocimiento y combate sobre ruedas (VRCC), de exploración y reconocimiento terrestre (VERT), y, en ocasiones con CC y vehículos de combate sobre cadenas (VCC) (Ver Anexo VIII). Actualmente, todos los Grupos de Caballería -sobre vehículos de ruedas- han adoptado la denominación de Grupos de Caballería Ligero Acorazados (GCLAC), mientras que aquellos grupos que utilizan medios en base a cadenas, se denominan Grupos de Caballería Acorazados (GCAC).

Por norma general, cualquier GCLAC, a día de la realización de la presente memoria (exceptuando el GCLAC "Numancia" II/11) cuenta con dos Escuadrones de combate y un Escuadrón

¹ Se entiende por organizaciones operativas aquellas que se configuran para la ejecución de las operaciones militares. Las dos consideraciones más importantes para el establecimiento de una organización operativa son la misión y la situación táctica. Su constitución responde a los siguientes criterios: basada en unidades orgánicas preexistentes, modularidad, flexibilidad y unidad de mando (MADOC, 2017).

² El Grupo de Caballería también podrá ser la unidad sobre la que se genere una organización operativa independiente (MADOC, 2019).



de Plana Mayor y Servicios (EPLMS) (MADOC, 2020). Por otra parte, dentro de los GCLAC, el GCLAC “Reyes Católicos” sería del tipo A1, ya que el Grupo esta encuadrado directamente bajo el mando de BRILEG, y no depende orgánicamente de ningún Regimiento (a modo de ejemplo, el GCLAC “Sagunto” I/8, depende del Regimiento “Lusitania” nº 8 y este a su vez de la Brigada Paracaidista (BRIPAC)).

El GCLAC está conformado por VRCC “Centauro” y VEC, encuadrados en las Secciones Ligeras Acorazadas (SLAC) del ELAC. También dentro de los ELAC, se encuentra una Sección de Exploración y Vigilancia de Caballería (SEV), que desde 2017 cuenta con plataformas VERT y vehículos VAMTAC S3.

GRUPO DE CABALLERÍA LIGERO ACORAZADO REYES CATÓLICOS II

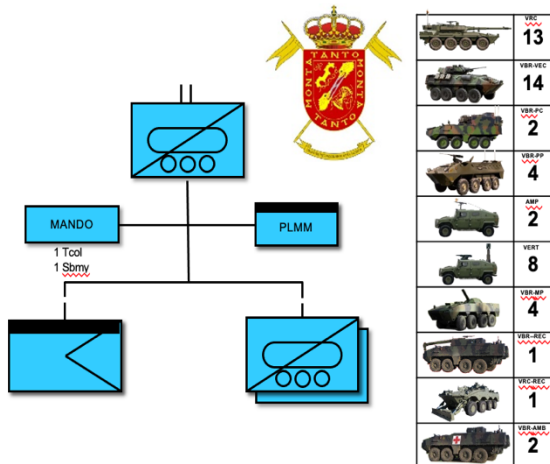


Figura 2: Estructura Orgánica del GCLAC "Reyes Católicos" II de la Legión. Fuente: Asignatura “El combate de la Caballería” (ACAB-TA-009).

ESCUADRÓN LIGERO ACORAZADO (ELAC) x 2

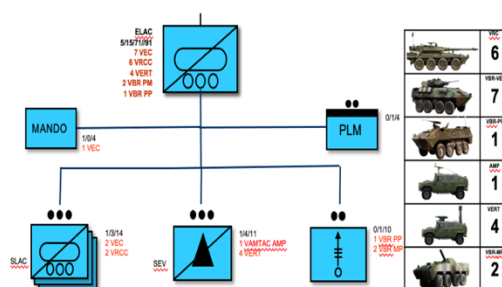


Figura 3: Estructura Orgánica de un ELAC. Fuente: Asignatura “El combate de la Caballería” (ACAB-TA-009).

1.3. ¿POR QUÉ UN SISTEMA DE MANDO Y CONTROL?

La función de combate “Mando”, se define como la capacidad que tiene un Jefe de planear, dirigir y controlar, armonizando el resto de las funciones de combate. La complejidad de las operaciones en el escenario actual obliga a prestar especial atención a la gestión y control de los espacios terrestre y aéreo (MADOC, 2020), es por ello por lo que se hace de vital necesidad que en el combate moderno, donde el Jefe precisa disponer de información rápida y detallada del campo de batalla, disponga de un sistema de información que le permita reducir los tiempos en los ciclos de decisión y planeamiento, realizando una eficaz y adecuada gestión de la función de combate “Mando”.

La información, gestionada de una manera conveniente, es un recurso fundamental para las operaciones y un eficaz multiplicador de la capacidad de combate, resultando imprescindible para realizar el ejercicio del mando (MADOC, 2017). Por ello adquiere esencial importancia la gestión de la información, que consiste en el uso de los sistemas de información y procedimientos específicos para recopilar, procesar, presentar, almacenar, proteger y difundir datos, información y productos del conocimiento. La gestión de la información permite al Jefe una mayor capacidad de visualización de las operaciones, y poseer todos los elementos de conocimiento necesarios de la situación del combate para que se puedan tomar decisiones oportunas y fundamentadas (MADOC, 2017). El Jefe a su vez debe seleccionar, analizar y sintetizar inteligentemente y racionalmente toda esta información que le es transmitida.



Por consiguiente, cabe preguntarnos qué sistema de información³ sería de mayor utilidad para las unidades de Caballería. Para responder a esta pregunta, es necesario inicialmente contextualizar al lector con una serie de terminología sobre estos sistemas, y que conozca las características que deben disponer para ser útiles en el campo de batalla. Todas estas características son necesarias para el diseño y desarrollo de cualquier sistema de este tipo.

En primer lugar, los C2IS tienen que proporcionar una visión común del entorno operativo a los usuarios de este. Es decir, debe integrar en el mismo todas las funciones de combate a explotar, para que tanto las unidades de maniobra como las unidades de apoyo al combate puedan alcanzar una perfecta coordinación. En consecuencia, genera que el planeamiento común se facilite si el intercambio de información se produce en todos los niveles de la cadena de mando. Por lo tanto, provoca que la conducción de las operaciones sea más sencilla.



Figura 4: jefe de una sección de exploración y vigilancia. Fuente: Táctica. Empleo de las pequeñas unidades de Caballería: Los Grupos (PD4-200 Vol.1).

Otro factor a tener en cuenta es la interoperabilidad, ya que en el combate las unidades del ET suelen colaborar a nivel nacional con el Ejército del Aire (EA) y la Armada, y a nivel internacional con países miembros de la OTAN y otros países aliados (Yagüe, 2017). Por ello se considera necesario que los C2IS se integren en las estructuras de mando y control de estos ejércitos. Este factor adquiere mayor importancia debido a que las operaciones actualmente se realizan en un ambiente multinacional.

La modularidad es otra característica con la que deben contar los C2IS, ya que tener en dotación un sistema el cual no pueda actualizarse o integrar nuevas funcionalidades, lo convierte en un tiempo muy corto en un sistema obsoleto, además de suponer un gasto enorme para el ET. Por consiguiente, se hace imperativo una configuración de estos sistemas que sea flexible y que permita responder a las necesidades de las organizaciones operativas que se establezcan para cada misión u operación.

³ Un sistema de información se define como un conjunto de equipos, métodos, procedimientos y personal, organizados de tal forma que permita la obtención, tratamiento, presentación y almacenamiento de la información (MADOC, 2019).



Por último, la integración es otra característica que destacar, ya que todas las células que componen una red y los diferentes sensores de los sistemas de armas (CC, *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS), antenas desplegadas...), deben trabajar en un lenguaje común para proveer las necesidades de información a los puestos de mando (PC). Para conseguir este hito, el sistema tiene que agrupar todos los nodos⁴ que sirven a un mismo PC en una red de Área Local (LAN) (Yagüe, 2017). Además, debe contar con medios para poder transmitir la información entre los diferentes nodos.

En el ET, dentro de los sistemas de información de apoyo a la función de combate "Mando", hay unos sistemas para Grandes Unidades (GU) y otros para PU. La presente memoria trabajará los sistemas de información de uso en las PU del Arma de Caballería, los cuales como características principales requieren que vayan integrados en plataformas vehiculares (constituye un nodo) y que la información se transmita a través de medios radio VHF/HF⁵.

1.4. APLICACIÓN AL ARMA DE CABALLERÍA

De manera sucinta, en la introducción se ha mencionado que la Caballería es el Arma del reconocimiento, la seguridad y el contacto. En este apartado se va a justificar la necesidad de adoptar un C2IS, que permita a las unidades del Arma cumplir con sus cometidos. Todos estos requerimientos se extraen fundamentalmente del manual PD4-200, que explica el empleo de los Grupos de Caballería.

Las características principales del Arma de Caballería son la velocidad, movilidad, flexibilidad, fluidez, además de otras como la potencia de combate, autonomía, polivalencia y versatilidad (MADOC, 2017). A continuación, se van a justificar una a una, a opinión del autor, el porqué se hace necesario el uso de un C2IS en PU de Caballería.

- Velocidad: para poder desplazarse, combatir en tiempos cortos y aplicar el esfuerzo en el tiempo oportuno, el Jefe debe conocer en todo momento el terreno, la situación de sus unidades y conocer la situación del enemigo. Todo ello, lo facilita un sistema C2IS, evitando saturaciones en la malla en cuanto a transmisión de información propia y sobre el enemigo⁶. Así mismo, el Jefe puede observar de manera visual en un medio portátil la situación propia y la de el enemigo para decidir y conducir una acción táctica ágil y sencilla.
- Movilidad: para moverse por toda clase de terreno y en cualquier condición meteorológica, es necesario un C2IS que tenga un subsistema de información geográfica que pueda soportar la cartografía que se precise en cada momento. Del mismo modo, debe contar con unos sensores que provean de información sobre las condiciones meteorológicas.
- Flexibilidad: un C2IS permite modificar las disposiciones adoptadas (por ejemplo, cambiar la organización operativa, dibujar un nuevo despliegue en la pantalla y que sea enviado al resto de la unidad) y permite efectuar las transiciones necesarias en caso de que haya un cambio de misión o situación.
- Fluidez: un C2IS permite conocer el terreno (a través de la cartografía que se utilice) y el estado de las unidades, de tal manera, que el Jefe puede escoger la articulación o el despliegue de su unidad adaptándose a las circunstancias del terreno y del combate.

⁴ Cada terminal de la red

⁵ VHF hace referencia a *Very High Frequency* y HF a *High Frequency* y corresponden a la banda del espectro electromagnético que trabaja en un determinado rango de frecuencias. Para VHF es entre 30 y 300 Megahercios (MHz), mientras que para HF entre 3 y 30 MHz (MADOC, 2019).

⁶ La malla representa como están organizados jerárquicamente los medios de transmisión de una unidad.



- **Potencia de combate:** tal y como se define la potencia de combate, como el valor relativo que se agina a toda organización operativa y que viene determinado por la combinación de diversos factores como los medios, la potencia de fuego o la estructura de mando (MADOC, 2014). Un C2IS no afecta de manera sustancial a esta característica, pero sí afecta en el valor relativo dado por la estructura de mando existente, pues un C2IS facilita al Jefe la utilización de la potencia de combate de su unidad en un lugar y momento determinado.
- **Autonomía:** para poder actuar en despliegues amplios y de manera descentralizada, o a gran distancia de las fuerzas propias, se precisa de un C2IS que permita en todo momento conocer la situación de las fuerzas al Jefe.
- **Polivalencia:** la adaptación de todas las acciones tácticas a cada situación del espectro del conflicto, precisa de un C2IS que permita realizar un planeamiento detallado para cualquier situación táctica.
- **Versatilidad:** característica similar a la polivalencia, pero con capacidad de cambiar rápidamente de una situación a otra. Tiempos que acortan los C2IS.

Todas estas características convierten a la Caballería en el Arma del movimiento rápido. Para garantizar la agilidad de la maniobra, es necesario un C2IS que facilite el trabajo de los Jefes en su nivel de mando.

Del mismo modo, las actuaciones de las unidades de Caballería van encaminadas a contribuir, conseguir, mantener o recuperar la libertad de acción (MADOC, 2020). Este concepto significa, que este tipo de unidades que asumen zonas de acción muy amplias y que generalmente actúan encuadradas en un escalón de reconocimiento en una operación, sean capaces de proporcionar el espacio, tiempo e información necesarios. De tal modo, que el mando tenga un periodo de tiempo suficiente para planear y conducir las acciones tácticas encaminadas a responder al enemigo.

En cuanto a las acciones tácticas, se va a realizar un breve análisis de las necesidades de C2IS en cada tipo de acción táctica a opinión del autor.

- **Reconocimiento:** con el reconocimiento se permite satisfacer las necesidades de información del mando, contribuyendo a la seguridad, ya que se puede alertar sobre el enemigo o potenciales objetivos. Por todo ello el manual PD4-200 explica la importancia de los medios C2IS:

“Su capacidad de obtención de información se basará en los medios disponibles de obtención y en la instrucción de su personal. Deberá disponer de los sistemas de telecomunicaciones e información, apropiados para transmitir la información obtenida con oportunidad y efectividad.” (MADOC, 2019)

- **Seguridad táctica:** con la seguridad, se proporciona al mando que destaca a la unidad a cumplir con este cometido, libertad de acción, al facilitar espacio y tiempo para planear acciones tácticas. Se evita ser sorprendido, se protege a las fuerzas propias y se impide la obtención de información por parte del enemigo.
- **Contacto:** lo busca y lo conserva en la progresión hacia el enemigo o cuando éste o los gruesos de las fuerzas propias lo rompan. Interviene en acciones de seguridad táctica, ofensivas, defensivas, por tanto, es crucial conocer el posicionamiento de las unidades propias y del enemigo.

Realizado este análisis, el autor de la presente memoria ha extraído una serie de premisas sobre la necesidad que tienen las unidades de Caballería de tener un sistema C2IS.

Con respecto a la obtención y difusión de la información al escalón superior, tradicionalmente se realizaba mediante partes estandarizados, informes post-misión, fotografías o croquis (Yagüe, 2017). Mediante la implantación de un sistema C2IS, se proporciona al mando de una manera rápida



y en tiempo real la información necesaria, mediante el envío de archivos, imágenes, videos o alteraciones en la interfaz del sistema.

El enlace es una necesidad de primer nivel para las unidades de Caballería. Debido a la amplitud de sus despliegues, provoca que en muchas ocasiones el Jefe no pueda controlar de manera visual todos sus vehículos, por las distancias existentes o por falta de visibilidad. Además, los medios de transmisiones pueden fallar, bien sea por las características del terreno que dificultan el enlace o por errores en los sistemas. Por otra parte, estos medios pueden ser fácilmente detectables con medios de guerra electrónica enemigos (EW). Por tanto, el establecimiento de una red de Mando y Control basada en un C2IS garantiza que el enlace sea ágil, y asimismo permite conocer en todo momento el despliegue de nuestras unidades en el terreno, que como se ha mencionado anteriormente, puede ser hostil. La hostilidad se debe tanto a el relieve del terreno, como a las condiciones climatológicas adversas. Por otra parte, se reduce la saturación de solicitud de información por la malla de la radio y gracias a que estos sistemas incluyen modalidades de funcionamiento basadas en el *Global Positioning System* (GPS), se facilita la navegación en condiciones extremas.

La versatilidad que caracteriza a la Caballería genera que sea necesario disponer de un sistema en el que los cambios de situación tengan una adaptación rápida a la situación del combate. Los sistemas C2IS actuales permiten el envío de alarmas, ordenes fragmentarias (FRAGO) y facilitan el planeamiento, permitiendo pasar rápidamente de una situación a otra. Adicionalmente, el mando precisa control, y mediante un C2IS un Jefe puede controlar logísticamente a sus unidades y conocer su estado para combatir, información necesaria para cumplir de un modo u otro la misión.

Por último, quiero señalar que un buen sistema de mando y control necesita alimentarse de equipos que posibiliten su funcionamiento. Es decir, sirve poco un excelente C2IS, si el medio de transmisión al que esta conectado no es capaz de soportar su funcionamiento y lo deja inoperativo.

El ET español tiene que seguir la línea de los países de su entorno y adoptar un sistema C2IS único, que le facilite el planeamiento y conducción de las operaciones. Por todo ello, queda perfectamente justificado el motivo de realización del presente Trabajo de Fin de Grado (TFG), para poder analizar que sistema conviene adoptar para las unidades de Caballería española.



Figura 5: pelotón de Caballería llevando a cabo un reconocimiento. Fuente: Secciones de combate de Caballería (MA-202).



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

“No hay viento favorable para el que no sabe donde va”

(Séneca, 2018)

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

Sin lugar a duda, y como se ha comprobado en la introducción de la presente memoria, el ET español precisa de un sistema C2IS adaptado a los medios y el entorno en el que opera. Específicamente, las unidades de Caballería ya han trabajado con sistemas C2IS, como TALOS y BMS (sus funcionalidades se abordarán en el estado del arte), y dado que estos sistemas se encuentran en uso en unidades no solo de Caballería sino de otras Armas, el propósito de este trabajo es realizar un análisis comparativo entre ambos sistemas para que el lector pueda discernir qué sistema C2IS se adapta mejor al modo de funcionamiento de las unidades de Caballería. Para poder alcanzar el mencionado propósito, es necesario definir una serie de objetivos específicos a modo de tareas o hitos a alcanzar para poder cumplir el objetivo principal:

- **Conocer** el funcionamiento de ambos sistemas tanto de manera teórica como práctica en el GCLAC “Reyes Católicos” II.
- **Analizar** ventajas y desventajas de ambos sistemas.
- **Realizar** una comparación con todas las ventajas y desventajas obtenidas en el punto anterior.
- **Proponer** qué sistema de mando y control se adapta mejor a las necesidades de la Caballería.
- **Proponer** mejoras a la alternativa ganadora en base a los análisis efectuados.

El alcance del presente análisis comparativo a realizar es poder determinar qué sistema es más conveniente para las unidades de Caballería. Para ello, el autor de la memoria trabajará con el sistema BMS con los medios disponibles en el GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión. La presente memoria no analizará otros sistemas C2IS del mercado o que estén en uso en otras unidades del ET (como el Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra (SIMACET)) puesto que o no posee las funcionalidades requeridas, o el ET no tiene intención adquirir un nuevo sistema. Dado que durante la estancia del autor en el GCLAC, el Grupo de Artillería de Campaña de la Legión (GACALEG), usuario de TALOS, no tenía previsto ningún ejercicio de tiro, este únicamente se analizará de una manera teórica y de manera subjetiva con la opinión de usuarios de el mismo, no solo del Arma de Caballería.

2.2. METODOLOGÍA

Para la realización del presente análisis, se van a utilizar tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Primariamente, mediante los métodos cualitativos como son: la revisión bibliográfica, la realización de entrevistas, las experiencias obtenidas durante la realización de ejercicios de instrucción y adiestramiento (en la unidad donde el autor realiza las prácticas) y el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO), el autor se propone obtener una serie de factores clave comunes sobre el modo de funcionamiento de ambos sistemas, y sus características.



Posteriormente, una vez obtenidos los factores clave, se aplicarán métodos analíticos como la aplicación de la metodología *Analytic Hierarchy Process* (AHP), o la realización de análisis estadísticos.

La finalidad de esta combinación de métodos es conseguir un punto de vista objetivo en el momento de realizar la comparación de los sistemas. Se considera que la valoración del punto de vista del usuario es muy importante, y más aún, en una unidad como BRILEG que a día de realización de la presente memoria es Brigada Experimental (BRIEX), probando futuros materiales y procedimientos que pueden dotar al ET.

Con la valoración de los mencionados factores, y la obtención de ventajas y desventajas de ambos sistemas se podrá estar en condiciones de afirmar qué sistema favorece la maniobra de las unidades de Caballería. Posteriormente, tras realizar un diagrama de Pareto para comprobar los errores más comunes del sistema elegido, se podrán proponer mejoras a realizar en el mismo.

2.2.1. Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt

La planificación de el presente trabajo de fin de grado, precisa de una herramienta de planificación de modo que se puedan llevar a cabo los hitos de este de una manera coherente.

El diagrama de Gantt es una herramienta que permite reflejar en un gráfico las tareas de un proyecto y la duración de estas, de manera que de forma visual se pueden observar si existen tareas que se realizan de forma paralela o la distribución de estas tareas en un tiempo determinado. (Val, 2020)

El autor de la presente memoria utilizará esta herramienta para planificar su TFG.

2.2.2. Revisión bibliográfica

En este trabajo, la revisión de toda la bibliografía que este relacionada con el asunto se hace fundamental. Por una parte, para que el autor pueda comprender el uso de los sistemas C2IS antes de realizar cualquier práctica con los mismos. Por otra parte, para cumplir con el objetivo final de este proyecto, es necesario conocer todos los parámetros que se pueden comparar de ambos sistemas. Las fuentes que se van a utilizar son:

- Manuales del ET referidos a los sistemas C2IS.
- Trabajos de fin de grado de años anteriores relacionados con sistemas de mando y control.
- Artículos de revistas especializadas⁷.
- Informes de ejercicios militares de el GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión, donde se hayan utilizado estos sistemas.
- Manuales de las empresas civiles desarrolladoras de ambos sistemas C2IS⁸.

Con el fin de realizar esta revisión bibliográfica, se reunirá a el personal del grupo de expertos de la unidad donde el autor realiza las prácticas, para que le proporcionen cualquier fuente de información imprescindible para este trabajo. También, se contactará con el servicio de documentación y boletines informativos de la Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales (DIDOM), para que le remitan al autor del trabajo enlaces a documentos que se

⁷ Eminentemente militares como por ejemplo el “*Memorial de Caballería*”.

⁸ Principalmente Thales desarrolladora de BMS-ET y GMV empresa desarrolladora de TALOS.



encuentren en la intranet del ET o enlaces a los que cualquier lector pueda acceder. El asunto de la solicitud de la información será “Mando y Control en Pequeñas Unidades de Caballería”.

2.2.3. Grupo de expertos

Al margen de las fuentes bibliográficas, los grupos de expertos constituyen una fuente muy valiosa de información, puesto que son conocedores de los sistemas C2IS, y además operan con ellos habitualmente.

El autor ha escogido como grupo de expertos a cuatro oficiales del ELAC-2, un oficial del EPLMS y al Sargento Jefe del Área de Informática. Todos ellos pertenecientes al GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión. A continuación, se realiza una breve reseña sobre el porqué se han escogido a dichos expertos.

- Capitán Jefe del ELAC-2: Cuenta con experiencia mandando tanto SLAC, como la Sección de Mando y Transmisiones del EPLMS. La citada Sección, se encarga de la puesta a punto de los sistemas C2IS.
- Teniente Jefe de la SEV del ELAC-2: Dicho Teniente, ha operado con ambos sistemas de mando y control y es experto en su uso.
- Teniente Jefe de la SLAC-I del ELAC-2: Teniente con más antigüedad en el Escuadrón, que cuenta con una considerable experiencia en el empleo de sistemas C2IS, tanto del ET como de países aliados.
- Teniente Jefe de la SLAC-III del ELAC-2: Teniente cuyo cometido ha sido evaluar el BMS-ET en el mayor ejercicio militar llevado a cabo en 2021. Además, dispone de amplia experiencia en su uso.
- Teniente Jefe de la Sección de Mando y Transmisiones del EPLMS: Encargado de la configuración de los sistemas C2IS del Grupo durante la realización de ejercicios del GCLAC.
- Sargento Jefe del Área de Informática: Encargado de la instalación de los sistemas C2IS del GCLAC, y naturalmente, gran conocedor de ambos.

2.2.4. Observación directa

Durante el periodo de PEXT del autor de la memoria, el GCLAC “Reyes Católicos” II llevará a cabo numerosas actividades de instrucción y adiestramiento. Algunas de ellas, estarán relacionadas con los sistemas C2IS. Aparte, otras unidades del ET también realizarán actividades de provecho para este trabajo. En dichas actividades, se tratará de aprender sobre el funcionamiento de ambos sistemas. Además, se tomarán anotaciones sobre todos aquellos aspectos de interés para este trabajo. A continuación, se exponen las herramientas que se van a utilizar para evaluar estas actividades.



2.2.4.1. Metodología FADECO

El autor de este trabajo va a realizar una adaptación del método Factor, Deducción, Conclusión (FADECO), utilizado en el Proceso de Planeamiento de Operaciones Táctico⁹ (MADOC, 2019). La metodología, se aplica durante la fase del estudio de los factores de situación¹⁰. Al analizar cada factor, se obtienen hechos, estos a su vez llevan a una consecuencia lógica, y esa consecuencia a una conclusión. Las conclusiones pueden derivar en acciones, limitaciones o necesidades de información.

Tabla 1: FADECO. Fuente: Proceso de planeamiento de las operaciones a nivel táctico (PD4-026)

FACTOR	DEDUCCION	CONCLUSION	
Dato real relevante extraído de información conocida y verdadera o hipótesis que sustituyen datos desconocidos pero necesarios para el PLTO. <u>Hecho o Supuesto</u>	Implicaciones, problemas o consideraciones extraídas de los hechos y supuestos, que afecta a la Fz propia. <u>Consecuencia Lógica</u>	Resultado obtenido tras el análisis de la deducción que requiere de acción en el planeamiento o un análisis más detallado. <u>Qué tengo que hacer para paliar el efecto anterior?</u>	<p>1. ACCIONES A REALIZAR. (Cometidos, Apoyos, ROE,s, Protección Fz)</p> <p>2. LIMITACIONES A LA LIBERTAD ACCIÓN. (Restricción u obligación)</p> <p>3. NECESIDAD DE INFORMACIÓN.</p> <p>“Riesgos”</p>

La adaptación será sustituir FACTOR por actividad a realizar, la DEDUCCIÓN por el resultado de dicha actividad, y la CONCLUSIÓN por la consecuencia, de tal manera que se podrá evaluar las actividades llevadas a cabo.

2.2.4.2. Envío de observadores

Se pretende, durante la realización de las PEXT, enviar observadores a ejercicios militares en los que no participe directamente el GCLAC (con el permiso del Jefe de la unidad). Los observadores realizarán una evaluación mediante informes de los sistemas C2IS. Todos ellos, pertenecen al grupo de expertos.

2.2.5. Encuestas

Con el fin de extraer los criterios generales que se utilizarán en la metodología AHP, se van a efectuar unas encuestas tanto al grupo de expertos, como a Cuadros de Mando (CUMAs) del GCLAC “Reyes Católicos” II, GACALEG, y Regimiento de Caballería (RC) “España” nº 11.

⁹ Método de planeamiento que se utiliza a nivel táctico (Pequeñas Unidades) para realizar el planeamiento de las operaciones.

¹⁰ Los factores de situación son elementos que tienen cierto impacto cuando una unidad cumple una misión, estos son: los adversarios, el entorno físico, las fuerzas propias, el tiempo disponible y el entorno civil.



La encuesta será corta e igual para todos los CUMAs mencionados en el párrafo anterior. El cuestionario se desarrollará mediante la aplicación *Survio*, que es una plataforma *online* donde se pueden crear de manera sencilla encuestas. Por otro lado, permite visualizar las respuestas recogidas en tiempo real usando gráficos, cuadros o informes PDF.

2.2.5.1. Análisis estadístico

Se va a realizar, con las respuestas obtenidas de los CUMAs en las encuestas, un análisis estadístico. Este servirá para poder comparar la diferencia de opinión existente entre los Suboficiales y Oficiales en sus respuestas.

El análisis estadístico se realizará mediante la aplicación *Microsoft Excel*.

2.2.6. Entrevistas

Cuando se hayan obtenido los criterios generales en las encuestas, se entrevistará a personal del grupo de expertos. Con dichas entrevistas, se espera obtener una serie de subcriterios que formarán parte de los criterios generales de la metodología AHP. También se pretende conseguir una mayor precisión en la definición de los criterios generales obtenidos anteriormente.

Las entrevistas serán individualizadas para cada miembro del grupo de expertos y se realizarán en persona.

2.2.7. Metodología de decisión multicriterio. AHP

El análisis Multicriterio es una herramienta cuantitativa ampliamente utilizada en proyectos para la comparación de alternativas. Mediante la aplicación de este análisis, se puede escoger la mejor alternativa que se adapte a unos criterios de ponderación los cuales establece el decisor. En el análisis se puede distinguir:

- Alternativas.
- Criterios que permitirán evaluar las alternativas, estableciendo una ponderación diferente según el decisor crea necesario para el caso de estudio.
- La matriz de decisión que permite relacionar gráficamente criterios y alternativas.

Dicho análisis, utiliza el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (Saaty, 1980). Consiste en un modelo jerárquico, que permite ordenar unos criterios determinados, asignarles un valor numérico y determinar qué alternativa es la que mejor se adapta al decisor. Se pueden distinguir cuatro etapas diferenciadas (Lopez, 2019):

- Formulación del problema: Definición del problema a resolver con sus alternativas posibles.
- Evaluación de criterios: Determinación de criterios y subcriterios más significativos y ponderación de estos.



Tabla 2: escala Saaty que se va a utilizar en el presente trabajo. Fuente: elaboración propia.

Comentario	Definición	Valor A/B	Valor B/A
Ambos criterios tienen la MISMA importancia/preferencia	Igual importancia/preferencia	1	1
A es LIGERAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia moderada	3	1/3
A es MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia grande	5	1/5
A es MUCHO MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia muy grande	7	1/7
A es EXTREMADAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia extrema	9	1/9

- Evaluación de alternativas: evaluación de las diferentes alternativas entre si, estableciendo matrices de evaluación.
- Jerarquización: elaboración de la matriz de decisión y extracción de conclusiones.

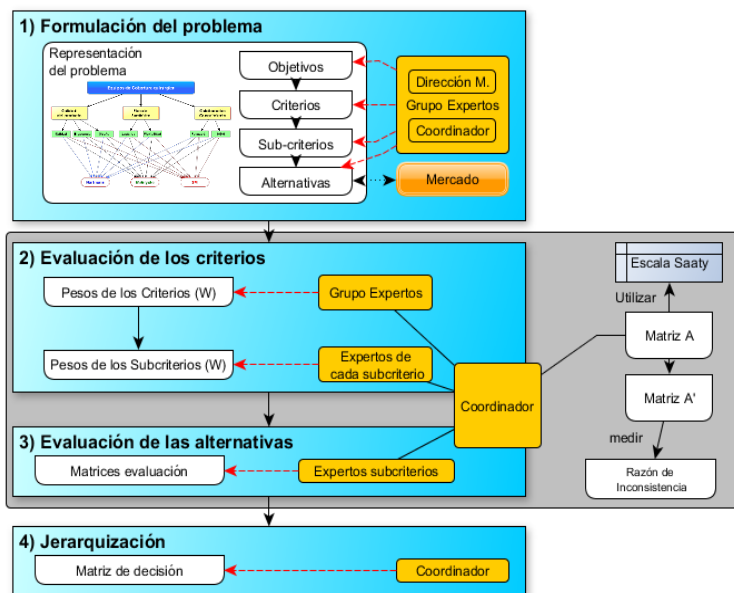


Figura 6: Representación gráfica de las fases de la metodología AHP. Fuente: imagen cedida por el Teniente Coronel Carlos Ruiz.

El autor de la presente memoria pretende utilizar este método de manera que se puedan comparar ambas alternativas analíticamente, con los criterios extraídos de las encuestas y entrevistas. Tras la aplicación de esta metodología se estará en condiciones de afirmar que sistema es conveniente para PU de Caballería, objetivo final de este trabajo.

El software utilizado proviene de la Academia de Logística (ACLOG) del ET elaborado por el Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López y el Comandante D. A. Vázquez Díaz, y ha sido utilizado por el Ministerio de Defensa en más de una ocasión (Benito, 2021).



2.2.8. Análisis DAFO

El análisis DAFO es una herramienta cuya función es evaluar una situación, objeto... para poder obtener sus debilidades y fortalezas internas, y sus oportunidades y amenazas externas.

Se utilizará este análisis en el presente trabajo para poder extraer los resultados del análisis AHP y obtener unas conclusiones sobre cada sistema C2IS. Además, gracias esta herramienta se estará en condiciones de proponer mejoras para ambos sistemas de mando y control.

2.2.9. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es un método de análisis gráfico que permite determinar las causas que producen la mayoría de los problemas (según Pareto aproximadamente el 80%¹¹). Se utiliza en aquellos casos en los que es necesario establecer un orden de prioridades en ciertas acciones. Mediante el cálculo y la representación de las frecuencias relativas y acumuladas se puede obtener el diagrama (Val, 2016).

Esta herramienta se va a utilizar en el presente trabajo cuando se haya obtenido qué sistema es mejor. Así se podrán analizar los errores más comunes que se producen en dicho sistema cuando se opera con él, de manera que se puedan proponer mejoras. El diagrama se realizará analizando los fallos del sistema en ejercicios realizados por BRILEG con la colaboración del grupo de expertos. La representación gráfica se realizará mediante la aplicación *Microsoft Excel*.

3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

“No saber lo que ha sucedido antes de nosotros es como ser incesantemente niños.”

Cicerón

Como se ha recalcado en la introducción, los ejércitos precisan de un sistema C2IS que les permita ejecutar tanto labores de planeamiento, como de conducción de las operaciones militares. Este apartado de la memoria se va a ocupar de mostrar donde se encuentra actualmente el ET en el desarrollo de estos sistemas. También, se van a analizar las características y el funcionamiento de cada uno de los sistemas a comparar.

3.1. PLAN MC3

El plan MC3 tiene como objetivo establecer el proceso de modernización de los sistemas de mando, control y comunicaciones del ET. En consecuencia, permitirá aumentar las capacidades operativas, consiguiendo desplegar en ejercicios y operaciones una red táctica con tecnología IP, segura (protegida), y con suficiente capacidad (ancho de banda de los diferentes equipos de comunicaciones) para permitir integrar los PC, los sistemas de armas y los sensores del campo batalla. (MADOC, 2019)

El plan MC3 en su versión más actualizada busca dotar a las unidades de nivel Batallón o Brigada de unas capacidades óptimas de sus CIS, de modo que los sistemas C2IS no pierdan su operatividad (MADOC, 2019). Sus acciones más importantes relacionadas con este trabajo son:

¹¹ Se conoce como la regla “20-80”.



- Implementar una red radio con tecnología *Internet Protocol* (IP) y gestionada inteligentemente por el Gestor de Comunicaciones (GESCOM) con capacidad de enrutamiento y ancho de banda suficiente.
- Las PU implantarán a través de la Red Radio Combate (RRC) una red IP de PU a través de la cual se establece las comunicaciones de voz y el intercambio de información táctica (chat, alertas...) de los sistemas BMS y TALOS fundamentalmente.
- Sustituir el sistema FFT por el BMS-ET.
- Mejora del sistema TALOS en la Artillería de Campaña (ACA).
- Actualización de las radios PR4G V3 a la versión V4 (versión SUPERMUX), con mayor ancho de banda.
- Continuar la entrega de estaciones de Puesto de Mando de Batallón (PCBON)¹² a los Batallones y Grupos.
- Instalación del sistema BMS-ET.

Destacando el último objetivo, se van a describir a continuación los sistemas C2IS, objeto de este trabajo.

3.2. BMS-ET

Tras la breve introducción al BMS, realizada en la introducción de la presente memoria, se van a explicar sus características fundamentales.

En primer lugar, se establecerán las diferencias fundamentales entre las dos versiones de BMS (ET y LINCE) (Trujillo, 2018):

- BMS-LINCE posee unas funcionalidades adaptadas al CC Leopardo 2E, al tener una integración completa con la plataforma de combate.
- Los modos de operación de ambos sistemas son diferentes en cuanto al método de transmisión de datos. BMS-ET utiliza el modo IP/MUX y el nuevo modo SUPERMUX. Por otro lado, BMS-LINCE hace uso de la red de datos de alta prioridad (TMDA), con una radio dedicada exclusivamente a esta función.

Una vez definidas las diferencias entre las dos versiones de BMS, se va a analizar la integración de BMS-ET con otros sistemas C2IS. Tras consultar diversas fuentes se puede concluir que la integración entre sistemas no es nula. No obstante, no se puede integrar en TALOS (sistema de ACA), SIMACET/HERCULES, COAAAS-L y M (sistemas de Artillería Antiaérea y Artillería de Costa), AMPS (Helicópteros) y GESTA (EW). (Illan, 2020)

El sistema dispone de una serie de funcionalidades en función del perfil que tenga asignado el usuario. Existen cinco perfiles de usuario (Ministerio de Defensa, 2019):

- Administrador: encargado de gestionar los aspectos relacionados con la seguridad, la configuración y el mantenimiento del sistema a nivel segundo escalón: auditoría, gestión de usuarios y recursos, actualización de la aplicación.
- Usuario avanzado: perfil que tiene acceso a toda la funcionalidad de información y de planeamiento del sistema.
- Usuario básico: solo podrá visualizar información.

¹² Estación que permite ejercer el mando y control en movimiento dentro de unidades tipo Batallón o Grupo. Equipadas con sistemas de telecomunicaciones, mando y control o suministro eléctrico. Suelen ir sobre VH VAMTAC, TOA o VCC "Pizarro".



- Jefes de plataforma¹³: como usuarios avanzados, pero con limitaciones en el acceso a funcionalidades de la aplicación y de acceso al sistema operativo (se crea este nivel para adecuarlos al nivel jefe de plataforma de BMS-LINCE, consiguiendo interoperabilidad con esta versión).
- Mantenimiento de plataforma: solo pueden acceder a las funcionalidades de electrónica asociadas al mantenimiento de la plataforma CC Leopardo 2E.

Básicamente se podría resumir en tres niveles: administrador, usuario (usuario avanzado, básico, jefe de plataforma) y mantenimiento.

Se van a clasificar las funcionalidades del sistema (Ministerio de Defensa, 2019) de acuerdo con la utilidad a la que sirven, a opinión del autor.

Las funcionalidades que dan soporte al usuario y sirven de base para que funcione el sistema a opinión del autor son las siguientes:

- Administración del sistema: Se realiza la configuración inicial mediante un fichero de misión, que se distribuye entre las distintas unidades al comenzar la operación. Permite también la creación de niveles de usuarios, gestión de los ficheros de misión, gestión de la cartografía o la configuración de relojes.
- Gestión de documentos: Permite la creación y almacenamiento en una biblioteca de un conjunto de documentos tales como informes, mensajes preformateados... que son comunes en toda la unidad que se encuentra en una misma red BMS.
- Control de tiempos: Ofrece distintos tipos de relojes para utilizar en una operación. Reloj con hora local, reloj con hora común a la operación, reloj con el tiempo transcurrido de la operación, reloj de cuenta atrás y un reloj cronometro.
- Mantenimiento del sistema: permite al usuario administrador, realizar las funciones de instalación, actualización y recuperación del sistema.
- Gestión de datos estáticos: Realización del mantenimiento de los datos estables a lo largo de una operación. Estos son los datos y tipos de plantilla que forman parte del modelo del sistema.

En cuanto a funciones relativas a los sistemas de información geográfica (SIG) a opinión del autor, serían las siguientes:

- Sistema de información geográfica: permite la visualización georreferenciada en un mapa con la información disponible. Permite también, la gestión de capas cartográficas

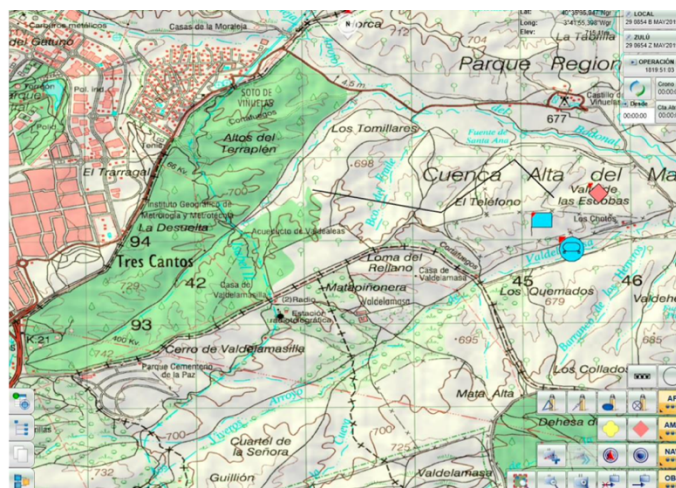


Figura 7: Pantalla principal del BMS. Fuente: Manual de BMS.

¹³ Al hablar de plataforma el autor se refiere a un VH o CC.



(modelos de elevaciones, modelos del terreno...), utilización de simbología táctica, apoyo en la fase Integración Terreno Enemigo (INTE) en el proceso de planeamiento y planeamiento de rutas.

- Navegación: Ayudas a la navegación de la plataforma mediante su sistema de posicionamiento. Selección, establecimiento y seguimiento de rutas.
- Situación táctica: Permite realizar un seguimiento de las fuerzas, establecer la organización operativa y visualizar otras. Permite establecer medidas de coordinación.

En cuanto a funciones relativas al mando y control se encuentran las siguientes, a opinión del autor:

- Planeamiento: permite crear, modificar y borrar diferentes líneas de acción, y su confrontación. También permite la creación de organizaciones operativas, tanto de fuerzas propias como de otras fuerzas. Servirá de apoyo para para la funcionalidad apoyo de fuegos y al planeamiento de marchas.
- Apoyo logístico: Control de la capacidad de combate real de las unidades y la realización de peticiones de apoyo logístico a través de mensajería.
- Mensajería: Permite las comunicaciones tanto dentro como fuera del sistema. Posibilita el anexo de ficheros mediante su sistema de mensajería interna.
- Apoyo de fuegos: permite la planificación, elaboración y distribución de la lista de objetivos, así como la ejecución de las solicitudes de fuegos, tanto de acciones previstas, imprevistas o prioritarias o incluso anularlas. Permite la visualización del estado del objetivo.
- Alarmas: envío de alarmas a otros nodos.
- Avisos: Esta funcionalidad permite a los usuarios locales detectar problemas técnicos aparecidos en su plataforma y diseminarlos al resto del despliegue. Permite conocer el estado de la plataforma y vigilar el estado de las unidades subordinadas.

En cuanto a funcionalidades dedicadas a la gestión de las telecomunicaciones a opinión del autor, se encuentran las siguientes:

- Gestión de comunicaciones: Ofrece la capacidad de controlar y supervisar los radios de la plataforma. Además, facilita la optimización tanto de la gestión, como de la transmisión de las comunicaciones entre las diferentes plataformas. Permite la comunicación a través de los medios de transmisión que se conecten a la interfaz IP.
- Gestión de la distribución de la información: El sistema permite definir la forma en que la información se distribuye por todo el despliegue, determinando destinatarios, tipo de información y filtros que se quieran establecer.
- Integración con distintas plataformas: capacidad de interactuar con los distintos subsistemas de las plataformas.

Otras funcionalidades de apoyo que tiene el sistema son:

- Ayuda: funcionalidad que permite al usuario acceder a una documentación electrónica para resolver dudas que tenga del mismo.
- Seguridad: Se permite la acreditación de el sistema ante el Centro Criptológico Nacional, así como el borrado local de información y gestión de usuarios.
- Análisis de la operación: reconstrucción de la operación para realizar un juicio crítico.
- Interfaz Hombre Máquina (IHM): Permite la selección entre dos interfaces hombre-máquina, una en reposo y otra para en movimiento.



Tras esta descripción de funcionalidades y usuarios que posee el sistema, se va a presentar de una forma breve y sencilla como funciona el sistema. En primer lugar, existe una fase de planeamiento donde se elabora el fichero de misión, y se establece la RRC. El fichero de misión es un archivo que se diseña y configura para cada operación. En este archivo, se establecen una serie de datos tácticos iniciales como son el orden de batalla, unidades que participan en la operación y se incluye la RRC una vez autorizada por el escalón que lo determine. En esta RRC se establece el número de mallas que existen y la jerarquía de los nodos dentro de estas mallas. Se pueden configurar 9999 usuarios distintos. El fichero de misión es esencial para explotar todas las funcionalidades descritas anteriormente. Tras la fase de planeamiento llega la fase de despliegue, donde se inicia el programa, se carga el fichero de misión, se “enciende” la RRC y se realizan pruebas de control (dependiendo de tiempo que se disponga). En la última fase, la de conducción, se realizará el empleo operativo del sistema y se controlará y supervisará su funcionamiento. (Ministerio de Defensa, 2019)

Funcionalidad		Grupo Usuarios					Funcionalidad		Grupo Usuarios				
		BMS-Usuario Avanzado	BMS-Usuario Básico	BMS-Jefe Plataforma	BMS-Mantenimiento Plataforma	Administrador (*)			BMS-Usuario Avanzado	BMS-Usuario Básico	BMS-Jefe Plataforma	BMS-Mantenimiento Plataforma	Administrador (*)
Interfaz hombre-máquina (Opciones menú)							Interfaz hombre-máquina (Opciones menú)						
Configuración	Biblioteca	X	X	X			Visibles/Ocultas	X	X	X			
	Capas	X	X	X				Medidor de distancias	X	X	X		
	DISINFO	X		X			Rotar mapa	X	X	X			
	Comunicaciones	X		X			Mapa de pendientes	X	X	X			
	Cartografía	X	X	X			Ir a XY	X	X	X			
	Configuración	X	[1]	X			3D	X	X	X			
Situación Táctica	Unidad	X		X			Máxima extensión	X	X	X			
	Línea Táctica	X		X			Restaurar zoom 1:1	X	X	X			
	Instalación	X		X			Plataforma			X			
	Obstáculo	X		X			LEO/VERT						
	Consultas	X	[2]	X			Test Plataforma (BITE)			[3]	X		
	Matriz de apoyo de fuegos	X	[2]	X			Herramientas						
	ORBAT	X	[2]	X			Borrado de emergencia	X		X			
	Visores	X	X	X			Silencio Radio	X		X			
	Juicio Crítico	X					Imprimir	X	X	X			
Planeamiento	Rutas Navegación	X		X			Ayuda	X	X	X			
	Itinerarios	X					Minimizar	X	X	X			
	Marchas	X					Salir	X	X	X			
	Gestión de Operación	X					Alarmas		X	[2]	X		
	Apoyo de Fuego	X	[2]	X			Avisos		X	X	X		
Información Geográfica	Perfiles	X	X	X			Mensajería		X	[2]	X		
	Curvas de nivel	X	X	X			Otras funcionalidades						
							Mantenimiento de COTS/GOTS					X	

Figura 8: Relación entre perfiles de usuario y acceso a funcionalidades del sistema. Fuente: Manual BMS-ET

3.3. TALOS

El sistema de mando y control TALOS, es un programa utilizado por los distintos actores participantes en acciones de apoyo de fuego, obteniendo información de estos. Este sistema C2IS también ha sido utilizado por unidades de Caballería como la BRILEG, que ha experimentado con este sistema como BRIEX.

El sistema esta desarrollado por la empresa civil GMV, permite realizar la coordinación y ejecución de Apoyos de Fuegos (APOFU) integrado en la maniobra.



El sistema TALOS está formado por dos subsistemas y dos aplicaciones auxiliares (Generador de Cartografía para PDA y el Generador de informes) que pueden trabajar separados o conjuntamente. A su vez, están compuestas por células con uno o varios terminales conectados por redes de comunicaciones. La interacción entre sistemas se realiza a través de una pasarela de táctico a técnico (T2T). Los subsistemas son los siguientes: subsistema táctico y subsistema técnico (Uriarte, 2017).

- Subsistema técnico (GMV, 2014): Se divide en tres despliegues conceptuales, que corresponden a tres modalidades de fuegos distintas: ACA, fuego de morteros y fuego naval. Los tres tipos de despliegues tienen células similares con funcionalidades similares:
 - Dirección y control de fuegos en un Centro Director de Fuegos (FDC).
 - Observación, corrección y calificación de los efectos de la acción de fuego (OAV).
 - Ejecución del tiro en las células de línea de piezas y pieza.

Para llevar a cabo el despliegue del subsistema se tiene en cuenta las distancias entre células, la orografía y los medios de transmisión. Referido a esto último, se suelen utilizar radios VHF (PR4G), no excediendo las 8 células.

El despliegue de morteros se abordará en el anexo VII.

- Subsistema táctico (GMV, 2020): subsistema orientado a la realización de un planeamiento colaborativo entre diferentes células, conducción de la maniobra y de los apoyos de fuegos por lo que deberá estar enlazado con los subsistemas técnicos. El subsistema tiene tres formas principales de diferenciación de funcionalidades entre las células.
 - La aplicación concreta que funcione en la célula, la cual determinará que cometidos y tareas debe cumplir dicha célula (FSC, ACAF, CO...).
 - Usuario con el que trabaja el operador, que llevará asociados unos permisos.
 - Rol con el que el operador use la aplicación, que le permitirá cargar ciertas utilidades.

Un despliegue típico de artillería incluye una célula de Brigada, de Batallón, SACC/TACC, CO de Artillería/Morteros/Naval, CO Aéreo, Compañía/TACP y PDA táctica.

Estas células son propias de un despliegue de artillería, por ello la aplicación PDA Táctica se muestra muy interesante para Unidades de Caballería.

- PDA Táctica (GMV, 2014): aplicación diseñada para dar soporte a elementos ligeros, temporales, o de reducida importancia. No necesita más que unos minutos de adiestramiento. No requiere instrucción en el sistema TALOS, y permite al escalón superior realizar un seguimiento de las unidades. Incluye funcionalidades como envío y recepción de posición propias y de unidades amigas o enemigas, mensajería de texto libre, herramientas de dibujo del GIS e intercambio de ficheros. El PC de TALOS determina que información debe conocer, pero los datos de una PDA son conocidos por todas las células.

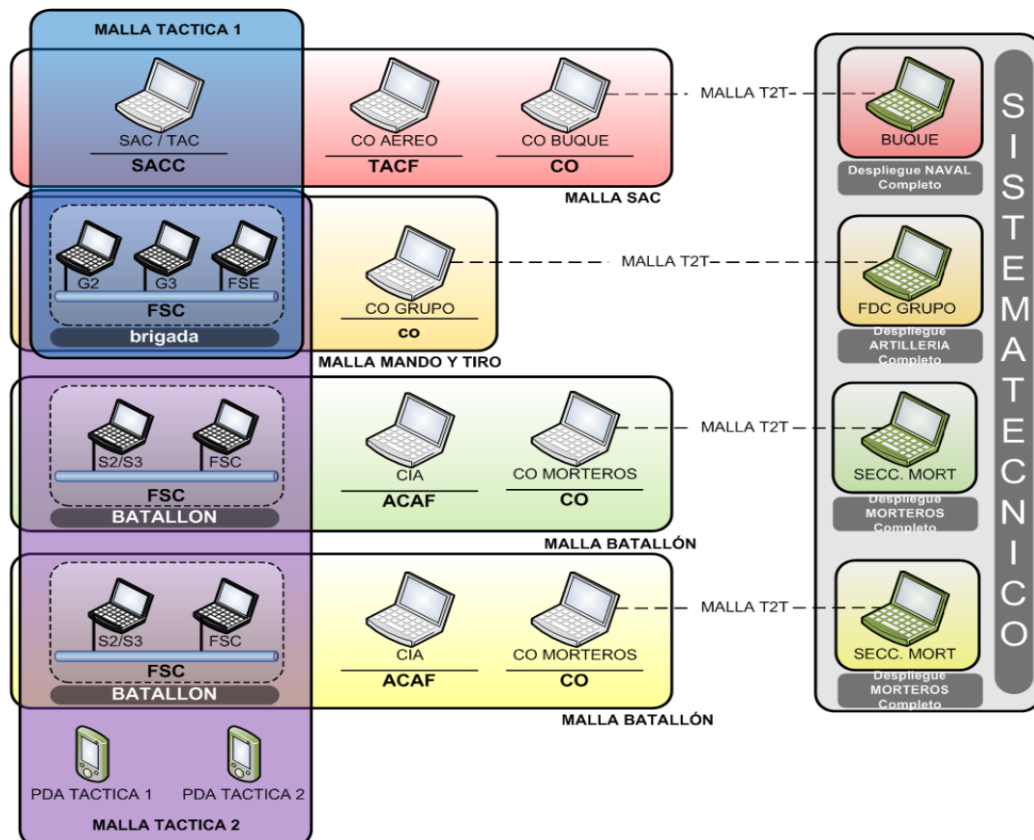


Figura 9: Despliegue sistema TALOS al completo. Fuente: Documento de diseño de instalación.

Para desplegar el subsistema táctico depende de las mismas variables que el técnico. Como medios de transmisiones se ha experimentado con radios VHF, satélite, HF, UHF...

Todas las comunicaciones del sistema se encuentran integradas, para tener una gestión de transmisiones rápida, segura y fiable. Esto se consigue mediante la optimización del ancho de banda, enviando la información imprescindible a las células que la necesitan.

4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

“Si buscas resultados distintos no hagas siempre lo mismo”

Albert Einstein

4.1. DIAGRAMA DE GANTT

La planificación realizada para cumplir con el objetivo del Trabajo de Fin de Grado es la siguiente:



para posteriormente tratar de realizar un seguimiento vía BMS a un Coche Ligero Todo Terreno (CNLTT) Anibal. También, durante la jornada, miembros del EPLMS impartieron clases teóricas-prácticas a miembros del EPLMS, Plana Mayor (PLM) y mandos del Grupo de Caballería, sobre funciones básicas a nivel usuario; enviar mensajes instantáneos, activación del GPS, creación de capas para la conducción de operaciones o activación de la malla RRC. Así mismo, se inició a los usuarios en el nivel administrador con prácticas como: gestionar el fichero de misión, iniciar el BMS, resolver problemas como la expiración de la licencia y cargar el fichero de misión. En estas clases, los alumnos contaban con varias *Tablet* GETAC F110, para poder realizar las prácticas.

Para analizar los resultados de esta jornada, el autor del presente TFG realizó una adaptación del método FADECO mediante una tabla (ver tabla 5). En esta tabla se relaciona la actividad realizada, su resultado y su consecuencia.

Tabla 5: Aplicación método FADECO. Fuente: elaboración propia.

Actividad	Resultado	Consecuencia
Sincronización del nodo BMS en los vehículos del PCBON y CNLTT	Se consiguió inicializar el BMS en los VH del PCBON, no así en el CNLTT. Se tardó una mañana entera en configurar las IP de las <i>tablets</i> GETAC F110 y los radios PR4G. Aun así, los dos nodos BMS no pudieron hacer seguimiento el uno del otro.	El GCLAC no tiene capacidad para sincronizar los nodos de su estructura de mando y por tanto se dificulta la labor de mando para el Teniente Coronel Jefe de Grupo.
Seguimiento de fuerzas	No se cumplió uno de los objetivos de la jornada de instrucción prolongada al no poder inicializar el BMS en el CNLTT.	El GCLAC no puede realizar un seguimiento de sus unidades subordinadas
Inicialización del BMS (sin estar conectado a ninguna red)	Se pudo realizar satisfactoriamente	BMS opera correctamente sin estar conectado en red
Mensajería instantánea (sin estar conectado a ninguna red)	Se pudo realizar satisfactoriamente	BMS opera correctamente sin estar conectado en red
Carga de cartografía (sin estar conectado a ninguna red)	Se pudo realizar satisfactoriamente	BMS opera correctamente sin estar conectado en red
Carga del fichero de misión	Se pudo realizar satisfactoriamente	BMS opera correctamente sin estar conectado en red

Tal y como se puede apreciar en la tabla, se puede observar que BMS tiene un funcionamiento satisfactorio cuando no trabaja conectado a ninguna red radio. Del mismo modo, la principal desventaja que se pudo observar al no trabajar en red fue que BMS es una aplicación poco intuitiva (varios usuarios perdieron el ritmo de la teórica-práctica). Esto se debe a que para iniciar BMS, previamente hay que hacer una configuración poco sencilla en otro programa (BMS configurator).

Al trabajar en red, y tratar de cumplir con el objetivo principal de la jornada de instrucción prolongada, el autor pudo observar que a nivel administrador se tardó una mañana entera solamente en configurar las IP de los radios PR4G, y de las *tablets* GETAC F110. Este tiempo durante la conducción de una operación es crítico. Además, no se cumplió con el objetivo de la jornada, ya que



los BMS instalados en las dos estaciones PCBON, no consiguieron sincronizarse, y finalmente el instalado en el CNLTT no se consiguió iniciar.

Por tanto, y a modo de resumen, los principales resultados extraídos durante la realización de este ejercicio es que los medios radio (que en este caso se trabajo en modo IP/MUX) y por ende la red, no están preparados para poder explotar la aplicación. Esto es debido a la saturación del ancho de banda. Otro resultado importante extraído, es que la configuración de la red es muy lenta y complicada, porque requiere pasos complejos para los cuales el personal necesita del uso de guías, y con todo, no se consiguió la sincronización de los nodos. Como hecho positivo, se puede afirmar que BMS sin red funciona correctamente, aunque sea poco intuitiva su puesta en marcha.

4.2.1. Envío de observador

Durante los días 1 al 17 del mes de septiembre de 2021, se desarrolló el ejercicio militar “TORO 21” en el Centro Nacional de Adiestramiento (CENAD) “San Gregorio”, con el propósito de evaluar el empleo de BMS-ET y su integración mediante una pasarela con SIMACET. A este ejercicio fue enviado un miembro del grupo de expertos, el Teniente Jefe de la SLAC-III, quien extrajo las siguientes conclusiones mediante un informe:

- El sistema BMS-ET, funciona de manera estable en una red ETHERNET, no así mediante el uso de las radios PR4G, al tener fallos de cobertura y en las interfaces que utiliza la aplicación.
- En un entorno idílico funcionaría bien, no así en un entorno de combate donde puede haber fallos de cobertura, reducido ancho de banda o contratiempos.
- Se ha podido interoperar con SIMACET mediante una pasarela, si bien requiere una compleja configuración.
- Los ficheros de misión de BMS se tenían que rehacer continuamente debido a cambios en la maniobra, lo que suponía una gran demora y un gran inconveniente si las unidades estuviesen separadas como ocurre en un escenario real¹⁴.
- Las interfaces de BMS se desconectaban sin motivo concreto cada cierto tiempo, obligando al usuario a tener que reiniciar el dispositivo.
- Es necesario formar a usuarios y administradores del BMS-ET.

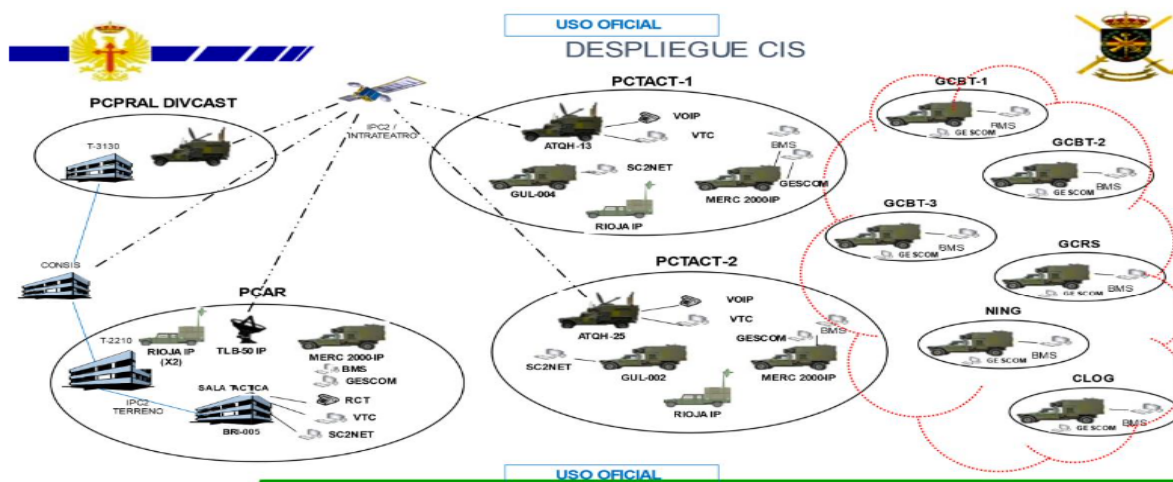


Figura 11: esquema despliegue de medios CIS durante la realización del ejercicio TORO 21. Fuente: Elaboración propia del Jefe SLAC III.

¹⁴ Los ficheros de misión se suelen pasar mediante un periférico *pen drive*.



4.3. ENCUESTAS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO

Durante la tercera semana de prácticas en el GCLAC “Reyes Católicos” II, el autor de este trabajo realizó una serie de encuestas a personal heterogéneo que de alguna u otra manera había trabajado con los sistemas de mando y control. El personal encuestado fueron CUMAs de ambos ELAC y EPLMS del GCLAC “Reyes Católicos” II, oficiales del RC España nº 11 y oficiales y suboficiales del GACALEG. En total 15 Suboficiales y 12 Oficiales. Las variables que se han tenido en cuenta son las siguientes:

- Combinar opiniones tanto del punto de vista nivel usuario (miembros de los ELAC), como opiniones del punto de vista a nivel administrador (miembros del EPLMS que se encargan de configurar los sistemas).
- Encuestar a otros miembros de unidades de Caballería, en este caso oficiales del Regimiento España nº 11, ya que dicho Regimiento es pionero en el uso del BMS.
- Considerar la opinión del personal del Arma de Artillería que opera habitualmente con TALOS. En este caso se encuestó a personal del GACALEG.
- Conocer la experiencia del personal encuestado utilizando sistemas C2IS.
- Determinar el grado de aceptación de los encuestados sobre los sistemas C2IS.
- Realizar una comparativa de funcionamiento de ambos sistemas a nivel usuario, para poder concluir que sistema opera mejor en este nivel.
- Determinar las características que los encuestados creen que son necesarias en un sistema C2IS para Caballería.
- Realizar una primera criba sobre la funcionalidad APOFU, característica primordial de TALOS, para un sistema C2IS de Caballería.
- Distinguir entre la opinión de Suboficiales y Oficiales, mediante un análisis estadístico (ver anexo III).

La encuesta se ha realizado con el apoyo de la aplicación online *Survio*, se realizó vía *online* y en formato físico (mediante copias en papel de la encuesta entregadas a los afectados). La encuesta constaba de 11 cuestiones, las cuales eran de respuesta cerrada, respuesta múltiple y respuesta abierta. En el anexo I se puede encontrar una copia de la encuesta realizada.

Los resultados y conclusiones obtenidas de las encuestas se muestran a continuación y además se podrán consultar en el anexo II:

- Tres cuartas partes de los encuestados consideran que la implantación de un sistema C2IS es importante para su unidad, pero no algo que deba ser primera prioridad dentro de la misma. Ningún encuestado considera que no sea necesario. Oficiales y Suboficiales opinan de la misma manera.
- Se puede concluir que todos los encuestados han trabajado con sistemas C2IS. El 80% de los encuestados (tanto Oficiales como Suboficiales) han operado con ambos, por lo que se puede considerar una buena muestra para esta memoria.
- Más del 95% de los encuestados consideran que los medios de transmisiones del ET no pueden o necesitan ser actualizados para poder trabajar con los sistemas de Mando y Control. Este hecho representa una posible debilidad para analizar posteriormente.
- En cuanto a la experiencia con BMS, más del 50% de los encuestados consideran que funcionaba muy mal o incluso no podían operar con él. Por el contrario, un 44% consideraba que funcionaba bien, pero con ciertos fallos. Respecto a TALOS, se obtienen las mismas conclusiones que con el BMS, bien es cierto que el porcentaje de



personal que consideraba que funcionaba bien, pero con algunos fallos, es algo mayor. Hay que recalcar que Oficiales y Suboficiales opinan de la misma manera.

- Respecto a la sencillez a la hora de operar con los sistemas, un 60 % considera que BMS es más sencillo de utilizar que TALOS, únicamente un 15% opina lo contrario. Aquí es importante añadir que los Suboficiales consideran más sencillo BMS que TALOS en mayor medida que los Oficiales, como se puede ver en la figura 12.

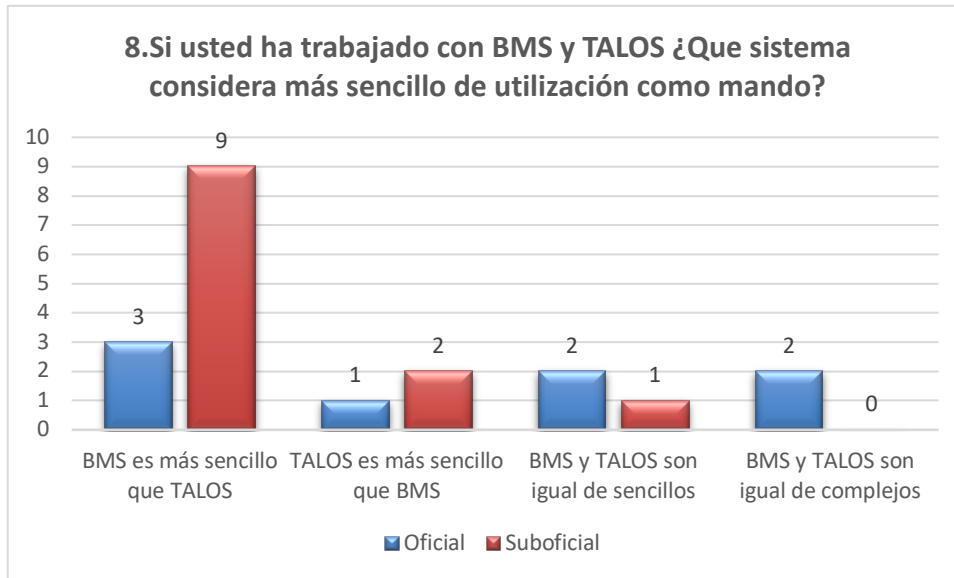


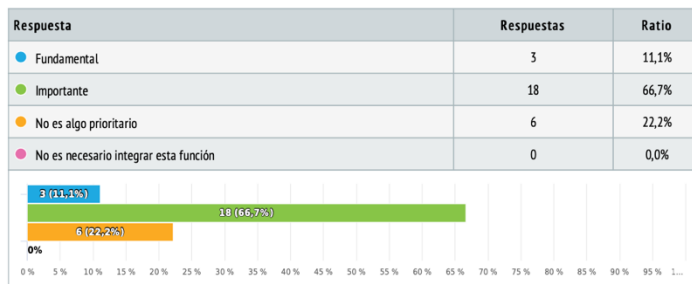
Figura 12: análisis estadístico. Fuente: elaboración propia.

- Los encuestados afirman que la seguridad es fundamental en un sistema C2IS, este será un factor para evaluar en el análisis comparativo.
- Claramente la funcionalidad más valorada para un sistema de mando es la situación táctica. Una minoría considera que es el planeamiento o los APOFU. A pesar de esto, la gran mayoría de los encuestados consideran que la funcionalidad APOFU, debería tener un peso más grande (ver figura 13) aunque no ser algo fundamental especialmente los Suboficiales (recalcar que unos de los encuestados ha sido el Sargento Jefe del Pelotón de Morteros Pesados del Escuadrón, además de los mencionados Oficiales de Artillería).
- La característica que se valora mayormente para un sistema de mando y control para Caballería es la velocidad de transmisión de datos, aunque como se puede apreciar en la figura 13 un porcentaje importante valora la fiabilidad o la sencillez de uso. Importante resaltar que los Suboficiales valoran más la velocidad de transmisión de datos (probablemente para tener actualizado todas las incidencias que se produzcan en el campo de batalla), y los Oficiales prefieren en su mayoría que el sistema sea sencillo de usar y fiable (en pos de agilizar el ritmo de las operaciones).



10 ¿Cree que un sistema de mando y control para Caballería debería dar un peso más grande a la funcionalidad apoyo de fuegos?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x



11 ¿Qué característica valora mayormente en un sistema de mando y control para Caballería?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x

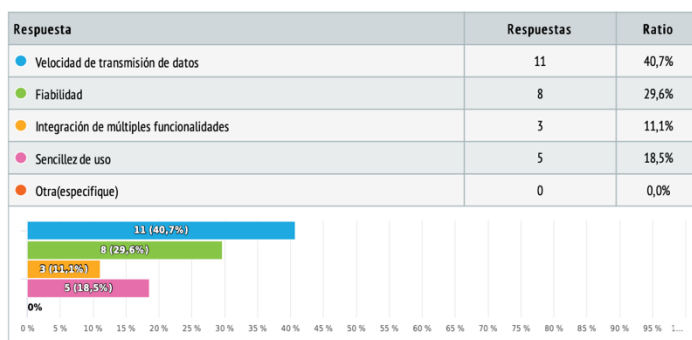


Figura 13: encuesta CUMAs. Fuente: elaboración propia.

4.4. ENTREVISTAS

Una vez realizadas las encuestas, con las cuales se ha podido obtener una primera aproximación entre los CUMAs sobre la experiencia que poseen con la utilización de los sistemas C2IS, y de los factores que valoran mayormente para un sistema C2IS para unidades de Caballería, se realizaron unas entrevistas de manera que se pudieron obtener factores más específicos para el posterior análisis comparativo. También, el objetivo de las entrevistas fue poder realizar una criba entre TALOS táctico, TALOS técnico y la PDA táctica, para que en el análisis AHP se tengan menos alternativas a la hora de comparar.

El personal entrevistado fue: el jefe del Área de Informática para tratar los aspectos más técnicos acerca de la instalación de ambos sistemas C2IS, el Teniente jefe de la Sección de Vigilancia del 2º ELAC, con amplia experiencia utilizando ambos sistemas en las plataformas VERT y por último del Capitán Jefe del 2º ELAC, que anteriormente mandó la Sección de Mando y Transmisiones del EPLMS. Todos ellos, pertenecen al GCLAC “Reyes Católicos” II y son miembros del grupo de expertos.

Las tres entrevistas contaron con preguntas totalmente diferentes (ver anexo IV), dependiendo de los factores que se querían extraer de cada mando entrevistado según su ámbito de conocimiento.

Los resultados más importantes de la misma se muestran a continuación.

En cuanto a las necesidades técnicas:



- BMS necesita menos soporte especializado ya que el usuario puede estar capacitado con opciones más básicas.
- BMS puede ser implantado en los VH de la unidad, pero con una necesidad de actualización en las *tablets* de los VERT, y dado el uso al que va a estar expuesto el sistema, un plan de mejora en los *docking*¹⁵ respecto a la situación del sistema en los VRCC Centauro y VEC sería necesario.
- Según la experiencia del especialista de Informática, con TALOS existieron anomalías en cuanto a la necesidad de instalación continua de diferentes parches y archivos dll durante los ejercicios llevados a cabo con el sistema.
- BMS tiene una guía muy sencilla de seguir en cuanto a la instalación del sistema.
- A juicio crítico del especialista de Informática, se tendría que decidir implantar un sistema de mando y control con una continuidad asegurada, para poder desarrollar mejoras e ir trabajando en los errores que se vayan obteniendo de cara al futuro.

Con el especialista de Informática se pudo elaborar una tabla comparativa de aspectos técnicos de ambos sistemas. (Ver anexo V).

A nivel planeamiento y conducción de las operaciones a nivel Escuadrón, se encontraron los siguientes resultados:

- La funcionalidad planeamiento sería útil de ser sencilla su ejecución. Hoy en día es útil para que el mando pueda conocer donde están las unidades aliadas y las enemigas.
- Tanto BMS como TALOS, necesitan una formación especial para el tripulante del vehículo, lo que ya supone otra carga a sus cometidos tácticos y técnicos dentro del vehículo.
- Dificultad en ambos sistemas por parte del personal especializado para realizar una tarea simple como es el establecimiento y levantamiento de una red de medios.



Figura 14: El pelotón de MP es la unidad orgánica de apoyos de fuego inmediato de que dispone el escuadrón. Fuente: *Táctica. Empleo de las pequeñas unidades de Caballería: unidades subordinadas (PD4-200)*

¹⁵ Soporte donde se sitúa la *Tablet* en el VH.



- A opinión del entrevistado, los sistemas C2IS no deberían estar implantados hasta que no se hayan desarrollado totalmente, y resulten sencillos de utilizar por el tripulante del vehículo.
- TALOS es una herramienta de control para coordinar los apoyos de fuegos a nivel Brigada por su alto volumen de fuegos y gran rango de actuación, por tanto, el integrar los fuegos de el Pelotón de Morteros Pesados en la red de fuegos de Brigada supondría ralentizar la acción que permite a un jefe de Escuadrón recuperar la iniciativa en una operación, neutralizar unidades o romper el contacto en una situación determinada. Esta integración iría en contra de una acción de Caballería que se caracteriza por la velocidad de sus acciones.
- Se necesita un sistema de mando y control que permita transmitir medidas de coordinación sin necesidad de un contacto físico y seguro (TALOS en los ejercicios realizados en 2021 funcionó con una red telefónica).
- Los sistemas de mando y control afectan negativamente al mando orientado a la misión, ya que el Jefe puede estar más pendiente de como ejecutan sus subordinados la misión, y no permita que cumplan libremente con el propósito de esta.

Por último, las conclusiones extraídas de la entrevista con el Teniente Jefe de la SEV tras abordar aspectos técnicos y tácticos de ambos sistemas C2IS son las siguientes:

- Ambos sistemas C2IS están muy lejos de ser eficaces, pero teniendo que elegir el entrevistado prefiere TALOS para Unidades u organizaciones operativas superior a nivel Grupo Táctico, y BMS igual o por debajo de Grupo Táctico.
- TALOS es un sistema flexible que permite modificar los parámetros de una operación, pero requiere una base de datos ingente para poder operar con él y no llega a ser soportado por las *tablets*, dando lugar que en ejercicios de BRIEX se haya operado con servidores civiles. Además, las PR4G V3 poseen poco ancho de banda para operar con el sistema teniendo que recurrir a redes de telefonía móvil 4G civil.
- BMS es más intuitivo para el combatiente, funciona con la RRC, y las versiones anteriores han podido operar con PR4G V3, estando actualmente en experimentación con el nuevo modo SUPERMUX. Por el contrario, su puesta en funcionamiento es bastante compleja y a mayor actualización de las radio PR4G, la interoperabilidad se torna más compleja.
- La PDA táctica es una herramienta útil a nivel Jefe de Sección o vehículo, ya que dispone de unas utilidades esenciales y básicas para el combate (visor de mapas, geo posicionamiento, mensajería...). Su principal problema es que requiere integrarse en la red general de TALOS táctico a nivel Partida¹⁶ en adelante (Grupo Táctico, Agrupación Táctica...) por lo que hereda sus limitaciones y servidumbres, siendo un sistema no valido ya que solo se podría emplear a muy bajo nivel.
- TALOS técnico es considerado como un sistema óptimo para unidades de apoyos de fuegos indirectos, permitiendo realizar correcciones del fuego al instante. El entrevistado considera que podría tener cabida en los VERT, ya que permitiría actuar como un OAV y corregir los fuegos de la ACA y de el Pelotón de morteros pesados. También, sería de utilidad, ya que las unidades no tienen infinitos OAVs y la SEV siempre esta apoyando al Escuadrón.
- La clave es encontrar un sistema C2IS único, modular y flexible y que sea progresivo en función del nivel de mando. Por ejemplo, un OAV debería tener unas utilidades mientras que un Jefe de VH otras.

¹⁶ Equivalente en Caballería a una organización operativa nivel Subgrupo Táctico (Compañía).



- Las utilidades básicas para un jefe de VH serían:
 - Tener cartografía y poder visualizarla.
 - Recibir posicionamiento GPS y visualizar sus unidades subordinadas.
 - Mensajería instantánea.
 - Mandar y recibir archivos de bajo peso
 - Recibir el planeamiento de su Jefe y poder visualizarlo con las medidas de coordinación.
 - Representar su planeamiento en el mapa.
 - Marcar contactos enemigos y que repliquen en toda la malla.
- Las utilidades para una Plana Mayor de Mando (PLMM) serían:
 - Mensajería oficial.
 - Gestión del personal.
 - Gestión logística.
 - Aplicación tipo SIG.

Como conclusión y para hacer más simple el análisis TALOS Técnico y la PDA táctica quedan descartadas.

4.5. METODOLOGÍA DE DECISIÓN MULTICRITERIO.AHP

Una vez realizadas las entrevistas y encuestas, se esta en condiciones de realizar un análisis cuantitativo para comparar ambos sistemas C2IS. AHP consta de cuatro etapas, a los que el autor se referirá en este análisis.

1ª ETAPA: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En primer lugar, se van a definir los criterios y subcriterios escogidos, mediante asesoramiento del grupo de expertos:

- Características: en este criterio se agrupan todas las características de funcionamiento del sistema C2IS, ya que todo sistema debe poseer estas propiedades básicas. Además, con el resultado obtenido en anteriores metodologías, se destacan los siguientes subcriterios:
 - Sencillez de uso: se valora cómo de intuitivo es utilizar el sistema C2IS por cualquier combatiente.
 - Flexibilidad: referido a la capacidad que tiene el sistema de adaptarse a cambios en la situación, como por ejemplo puede ser un cambio de orden de operaciones (OPORD), o la capacidad que tiene el mando para modificar la maniobra de su unidad.
 - Interoperabilidad: capacidad que tiene el sistema para poder actuar en combinación con otros sistemas de mando y control.
- Aspectos técnicos: en este criterio se agrupan las necesidades técnicas que requiere el sistema cuando funciona. También aquellos aspectos que a nivel usuario no se puede configurar, destacando los siguientes subcriterios:



- Seguridad táctica: subcriterio que se observó que era fundamental en un sistema C2IS para evitar que el enemigo pueda infiltrarse en el C2IS, y poner al descubierto la operación.
- Configuración: referido a la complejidad del sistema a la hora de realizar su puesta en funcionamiento.
- Acople a RRC: capacidad que tiene el sistema para utilizar los medios de transmisión en dotación en el ET.
- Funcionalidades: referido a las capacidades que aporta el sistema al mando para planear y conducir la maniobra de su unidad. Se destacan los siguientes subcriterios:
 - Apoyo de fuegos: subcriterio fundamental, al ser TALOS un sistema C2IS diseñado para Artillería.
 - Adaptación a PU: capacidad que tiene el sistema de poder integrarse y funcionar correctamente a nivel PU.
 - Básicas: en este subcriterio se agrupan las características básicas que el autor, según las conclusiones obtenidas en la entrevista con el jefe de la SEV, considera básicas: planeamiento, seguimiento de unidades, mensajería y navegación.

Las alternativas, obviamente, serán los sistemas C2IS, BMS-ET y TALOS táctico, ya que de anteriores metodologías se ha descartado tanto TALOS técnico como la PDA táctica.

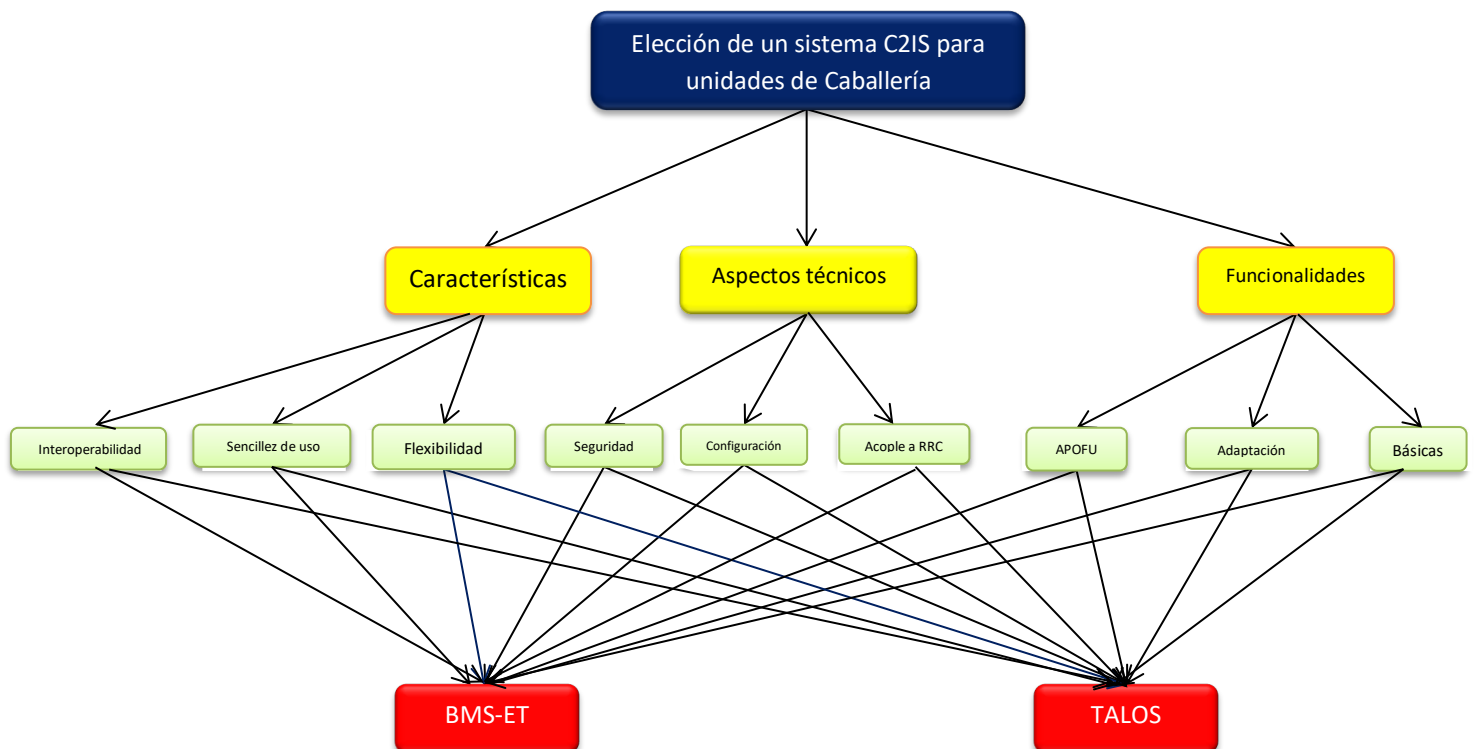


Figura 15: Etapa 1: Formulación del problema. Fuente: elaboración propia.

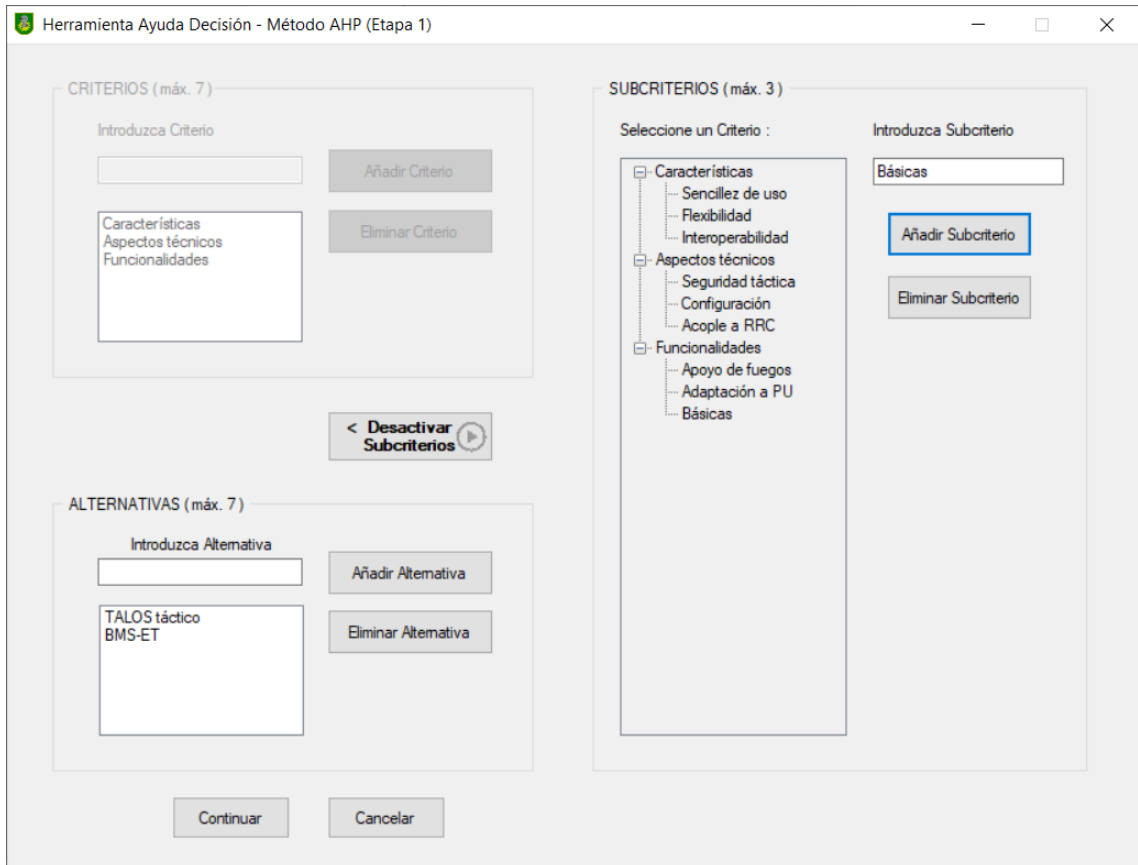


Figura 16: selección de alternativas y criterios. Fuente: elaboración propia.

2ª ETAPA: EVALUACIÓN DE CRITERIOS

En la segunda etapa se ha ponderado la importancia de los criterios y subcriterios. La manera de cuantificarlos ha sido mediante la utilización de la escala de Saaty (ver tabla 2), la cual establece una relación de valoración entre los criterios, dos a dos.

Las valoraciones se encuentran recogidas en las tablas 6 y 7, donde se obtienen los pesos (W) de cada criterio y subcriterio. Es reseñable observar que tanto aspectos técnicos como características suman el 91% del peso total.

Tabla 6: Evaluación de criterios. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de CRITERIOS				PESOS(W)		Escala de SAATY	
CRITERIOS	Características	Aspectos técnicos	Funcionalidades			Valor	Definición
Características	1	1/3	3	0,24		1	a - Igual Importancia
Aspectos técnicos	3	1	7	0,67		3	b - Importancia Moderada v 1/3
Funcionalidades	1/3	1/7	1	0,09		5	c - Importancia Grande v 1/5
						7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
						9	e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0,0061

Calcular

< Volver Datos AHP



Tabla 7: evaluación de subcriterios. Fuente: elaboración propia.

Características				PESOS(W)	Aspectos técnicos				PESOS(W)
Sencillez de uso	1	Flexibilidad	5	0.70	Seguridad táctica	1	Configuración	9	0.69
Flexibilidad	1/5	Interoperabilidad	7	0.23	Configuración	1/9	Acople a RRC	1/3	0.08
Interoperabilidad	1/7		1	0.07	Acople a RRC	1/3		3	0.23
				R.I. : 0.1629					R.I. : 0.0000

Funcionalidades				PESOS(W)
Apoyo de fuegos	1	Adaptación a PU	1/9	0.06
Adaptación a PU	9	Básicas	1/3	0.33
Básicas	7		1	0.61
				R.I. : 0.1820

Con respecto a la Razón de Inconsistencia (R.I) (ver tablas 6 y 7), se define como un coeficiente que mide el grado de coherencia en las valoraciones otorgadas a cada criterio. En este caso, representa para los criterios una R.I. del 0,61% (0.0061), y para los subcriterios la mayor R.I. es del 18,20% (0,1820). Estos son valores aceptables, al no ser valores mayores al 20% (Saaty, 1980). Se concluye que los criterios y subcriterios han sido ponderados de una manera consistente.

3ª ETAPA: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En la tercera etapa, se evalúan las alternativas del presente trabajo, comparando TALOS táctico con BMS-ET, objetivo final de este TFG. En esta etapa, se procede a comparar ambas alternativas en cada criterio y subcriterio. Aparecerán tantas matrices como subcriterios hayan sido introducidos, y tantas matrices como criterios haya sin subcriterios (en este caso todos los criterios tienen subcriterios). Se muestra el W que lleva asociado cada subcriterio. La finalidad es comparar en cada matriz las alternativas entre si respecto a un subcriterio y/o criterio.

Tabla 8: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.

Sencillez de uso			R.I. : 0.0000	Flexibilidad			R.I. : 0.0000
TALOS táctico	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)	TALOS táctico	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/7	0.13	TALOS táctico	1	3	0.75
BMS-ET	7	1	0.87	BMS-ET	1/3	1	0.25

Interoperabilidad			R.I. : 0.0000	Seguridad táctica			R.I. : 0.0000
TALOS táctico	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)	TALOS táctico	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/7	0.13	TALOS táctico	1	1/9	0.10
BMS-ET	7	1	0.87	BMS-ET	9	1	0.90

4ª ETAPA: JERARQUIZACIÓN

Finalmente, la cuarta etapa establece que alternativa es más importante con respecto a los criterios y subcriterios establecidos, trasladándose a la matriz de decisión todos los pesos obtenidos



anteriormente, y obteniendo unos pesos globales para cada alternativa como se puede ver en la tabla 9.

Tabla 9: matriz de decisión. Fuente: elaboración propia

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	TALOS táctico	BMS-ET
Características	0,24	0,27	0,73
+ Sencillez de uso	0,70	0,13	0,87
+ Flexibilidad	0,23	0,75	0,25
+ Interoperabilidad	0,07	0,13	0,87
Aspectos técnicos	0,67	0,12	0,88
+ Seguridad táctica	0,69	0,10	0,90
+ Configuración	0,08	0,17	0,83
+ Acople a RRC	0,23	0,17	0,83
Funcionalidades	0,09	0,40	0,60
+ Apoyo de fuegos	0,06	0,83	0,17
+ Adaptación a PU	0,33	0,13	0,87
+ Básicas	0,61	0,50	0,50
		0,18	0,82

< Volver Fin Método AHP

Como se puede observar, BMS-ET es preferible a TALOS táctico en todos los criterios y es por tanto el sistema C2IS idóneo para PU de Caballería. BMS-ET supera en todos los criterios a TALOS táctico, especialmente en las “características” y en los “aspectos técnicos”. En cuanto a los subcriterios de “características” destacan por su superioridad con respecto a TALOS, la “sencillez de uso” y la “interoperabilidad” con otros sistemas. Con respecto al criterio de “aspectos técnicos” es reseñable la superioridad en todos los subcriterios, destacando la “seguridad táctica” donde BMS le supera holgadamente, ya que TALOS opera con redes de telefonía civiles poco fiables. Por último, en las “funcionalidades” existe una cierta igualdad. Aquí TALOS supera a BMS-ET en la funcionalidad “apoyo de fuegos”, a su vez BMS-ET se adapta mejor a las PU y empatan en el subcriterio “básicas”, al poseer ambos sistemas las funcionalidades necesarias para combatir.



4.6. ANÁLISIS DAFO

Una vez realizado el análisis AHP, y obtenido que BMS-ET es el sistema óptimo para unidades de Caballería, se va a analizar mediante un análisis DAFO, las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de ambos sistemas, mediante el siguiente diagrama:

Tabla 10: DAFO TALOS. Fuente: elaboración propia.

TALOS	
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none">- La seguridad táctica se encuentra afectada en las operaciones por la utilización de medios civiles- Dificultad por parte de los especialistas para llevar a cabo su configuración- Necesidad continua de instalación de parches- Requiere mucha formación por parte del operador	<ul style="list-style-type: none">- Otros sistemas no pueden interoperar con TALOS- Los medios de transmisión en dotación no funcionan con TALOS- Sistema destinado a GU
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">- Sistema muy flexible para cambiar medidas de coordinación durante la conducción de operaciones- Al ser un sistema de Artillería es muy útil para la realización de Apoyos de Fuegos- Posee todas las funcionalidades básicas de un sistema C2IS- Una vez configurado funciona sin errores que le hagan colapsar	<ul style="list-style-type: none">- Los Pelotones de Morteros Pesados pueden integrar sus fuegos con la ACA a través de TALOS- En cualquier operación se puede desplegar el sistema ya que puede operar con redes telefónicas en base a satélites con cobertura mundial



Tabla 11: DAFO BMS-ET. Fuente: elaboración propia.

BMS-ET	
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none">- Los ficheros de misión son complejos de elaborar y además no se pueden enviar por el sistema de mensajería, faltando flexibilidad- Funcionalidad de APOFU poco desarrollada- Dificultad para operar en condiciones de combate	<ul style="list-style-type: none">- Falta de instrucción por parte de los operadores para ponerlo en funcionamiento- Necesita actualizaciones en los VH para poder implantarlo- No funciona con una red que le de cobertura mundial. Depende de los medios de transmisión en dotación que pueden producir fallos
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">- Capaz de acoplarse a la RRC con medios en dotación de transmisiones- Sencillo de utilizar por parte del combatiente- Posee funcionalidades básicas de todo sistema C2IS	<ul style="list-style-type: none">- Otros sistemas interoperan con el- Las PR4G con el modo SUPERMUX pueden usarse con BMS-ET- Sistema utilizado por PU

4.7. DIAGRAMA DE PARETO

Se han analizado 20 ejercicios recientes que la BRILEG ha realizado entre instrucciones continuadas y maniobras, donde se ha operado con BMS-ET. En la tabla que se muestra a continuación se presentan los errores más comunes que han surgido en estos ejercicios. A partir de estos errores se elaboró el diagrama de Pareto.



Tabla 12: causas de error BMS-ET. Fuente: elaboración propia.

Causas	Frecuencias	%	Acumulado	%Acumulado
Saturación ancha de banda	17	36,956522	17	36,95652174
Configuración del sistema	12	26,086957	29	63,04347826
Falta de instrucción en BMS-ET	7	15,217391	36	78,26086957
Utilización de distintas versiones	5	10,869565	41	89,13043478
Fallos en la interfaz	3	6,5217391	44	95,65217391
Otros fallos	2	4,3478261	46	100
Total	46	100		

Una vez obtenidos los datos individuales de cada error, y el acumulado, se elaboró el diagrama:

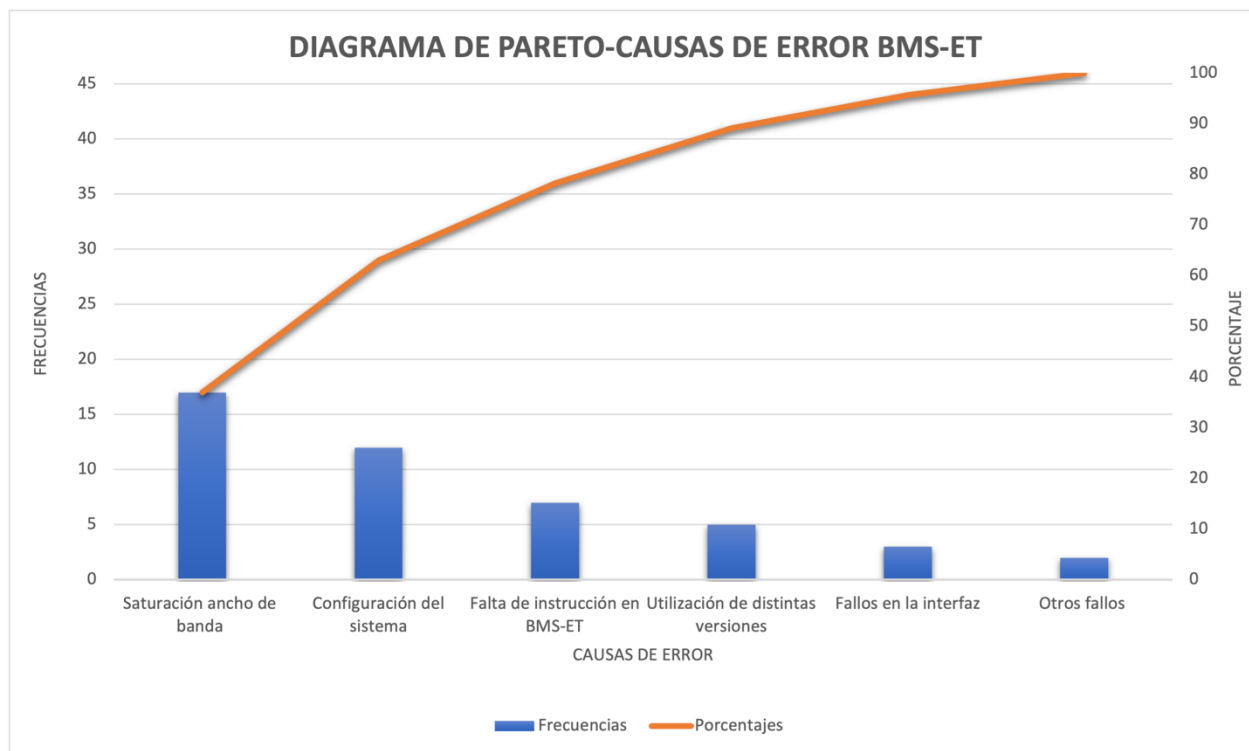


Figura 17: Diagrama de Pareto. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar el 80% de los errores se concentran entre la saturación del ancho de banda de los medios de transmisiones al utilizar el sistema, errores en la configuración inicial del sistema y la falta de instrucción del personal en el sistema.

Todos estos errores serán tratados en el apartado de propuestas de mejoras en las conclusiones.



5. CONCLUSIONES

La conclusión final es que sabemos muy poco y, sin embargo, es asombroso lo mucho que conocemos. Y más asombroso todavía que un conocimiento tan pequeño nos pueda dar tanto poder.

(Russell, 1945)

El presente Trabajo de Fin de Grado ha permitido aplicar un gran número de herramientas aprendidas en el Grado de Ingeniería de Organización Industrial (Perfil Defensa), durante cinco años de intensa formación en la Academia General Militar (AGM) y un mes y medio de Prácticas Externas en el GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión. Este trabajo resume en gran medida los conocimientos militares y civiles que se han podido adquirir.

El objetivo final de este trabajo se ha podido cumplir, ya que se ha conseguido comprobar que BMS-ET es un sistema idóneo para dotar a las PU de Caballería, tras realizar un análisis comparativo con el sistema C2IS TALOS, y analizar sus ventajas y desventajas.

BMS-ET es un sistema más sencillo que TALOS, principalmente porque TALOS es un sistema C2IS para ACA en el ámbito de las GU. BMS-ET es, en resumen:

- Más sencillo por utilizar por el usuario que combate en plataformas vehiculares.
- Agrupa las funcionalidades básicas que todo Jefe de unidad necesita para ejercer el mando y control de la misma.
- Usa los medios en dotación de transmisiones del ET, no comprometiendo la seguridad táctica de las operaciones como ocurre con TALOS al utilizar medios civiles.
- A nivel técnico es más fácil que TALOS su puesta en funcionamiento.
- Puede interoperar con otros sistemas C2IS.

Se ha comprobado que una unidad de Caballería no precisa de una funcionalidad de APOFU tan compleja como la que propone TALOS, ya que el único medio productor de fuegos a nivel Escuadrón es el Pelotón de Morteros Pesados. Integrar dicho Pelotón en la red de TALOS, supondría que el Capitán Jefe del ELAC perdiese su capacidad para realizar los APOFU que precise su Escuadrón en el momento que él desee, ya que este pelotón formaría parte de la red de la ACA.

BMS-ET no es un sistema C2IS perfecto (de hecho, está lejos de serlo), ya que los propios combatientes no se encuentran cómodos operando con el sistema, como se ha podido comprobar en las metodologías cualitativas aplicadas en el presente trabajo. De hecho, las unidades en ejercicios tácticos a nivel PU, desechan su puesta en funcionamiento por la complejidad y el gran número de fallos que tiene el sistema, haciendo perder un tiempo vital para llevar a cabo las actividades de Instrucción y Adiestramiento de la unidad.

También es necesario recalcar que, a pesar de utilizar los medios de transmisiones en dotación, se pone en duda su puesta en funcionamiento en una operación real. Los medios de transmisiones en dotación en el ET a día de realización del presente trabajo presentan muchos errores, y un resultado tangible de todo ello es que ninguna versión de BMS ha sido utilizada en ninguna operación multinacional llevada a cabo por el ET. Por lo tanto, es necesario actualizar o adquirir medios con suficiente ancho de banda para soportar el programa.

También es reseñable que los VH de Caballería como por ejemplo el VEC, no están adaptados para poder operar con este sistema al no poseer un espacio donde situar las *tablets* con las que opera el sistema.



Las unidades de Caballería precisan de un sistema C2IS único, es decir, no se debe estar experimentando con otros programas que suponen la realización de un nuevo ciclo de formación en el sistema, con lo que supone esta pérdida de tiempo, y más importante aún: las unidades no realizan su adiestramiento con sistemas C2IS, porque se encuentran en un proceso cíclico de implantación del sistema en la unidad.

Con respecto a TALOS, este sistema funciona correctamente, pero con redes de telefonía civiles que comprometen la seguridad de las operaciones, al ser detectado por los medios de EW del enemigo con facilidad. Posee todas las funcionalidades básicas que un sistema C2IS precisa, pero es un sistema destinado a GU, porque generalmente la ACA actúa encuadrada a nivel Brigada en una operación. Es el Jefe de la Brigada quien decide a que unidades da apoyo la ACA. Por tanto, TALOS, si que facilita la integración de múltiples unidades en su programa, incluso ajenas a ET, como por ejemplo fuegos navales.

Como mencionó el Teniente Jefe de la SEV sería interesante que BMS-ET, desarrollase su funcionalidad de APOFU en una versión para OAV. Los VERT son plataformas que pueden detectar objetivos a grandes distancias y podrían designar objetivos al escalón superior.

Al igual que BMS-ET y con un grado de complejidad más elevado, es un sistema muy complicado de utilizar por el combatiente.

Por todo ello a continuación se van a proponer una serie de mejoras propias, y otras que BRIEX ha detectado en la realización de ejercicios militares.

5.1. PROPUESTAS DE MEJORA

En primer lugar, se deben acelerar los procesos de actualización del parque de PR4G V3 a SUPERMUX, ya que las limitaciones observadas por el poco ancho de banda de las radios PR4G V3 provocan que el sistema C2IS no funcione correctamente.

De cara tener un único sistema C2IS, es prioritario que todas las unidades de Caballería actualicen la versión del BMS a las más reciente que es BMS-ET. Así, el adiestramiento en el sistema será similar en todas las unidades del Arma. Además, se podrá llevar a cabo una instrucción homogeneizada individual para el combatiente. Este punto se resume en la utilización de un *hardware* y *software* único. También sería interesante pensar en un sistema BMS para PLMM y otro para el combatiente en VH.



Figura 18: es necesario mejorar la interoperabilidad entre sistemas por ejemplo con unidades de helicópteros. Fuente: Táctica: empleo de las pequeñas unidades de Caballería: los Grupos (PD4-20 Vol. 1)



Mejorar los procesos de configuración de BMS-ET, por todos los problemas constatados en esta memoria con respecto a los ficheros de misión.

También es necesario impulsar su empleo y mejorar el conocimiento mutuo entre unidades, desde jornadas puramente técnicas, hasta actividades de nivel superior asesoradas por personal del Arma de Transmisiones. Este personal podría realizar cursos en las unidades de destino, para formar a los usuarios de BMS-ET.

Necesidad en todas las unidades de Caballería de un Suboficial de Transmisiones para facilitar la configuración del sistema y problemas técnicos de cualquier índole. Este Suboficial actualmente se encuentra en el Pelotón de Mando y Transmisiones del EPLMS, pero no todas las unidades tienen cubierta esta plaza.

Experimentar con radios de nueva generación *software defined radio* (SDR), ya que es el futuro medio de transmisiones que utilizarán las unidades, y así, se estará en unas condiciones idóneas cuando se produzca el salto a estas radios, donde la velocidad de transmisión de datos es muy alta, aspecto que solicitan los CUMAs como se ha podido observar en las encuestas.

Seguir explorando la mejora de interoperabilidad entre los sistemas C2IS presentes en todas las unidades del ET.

Actualizar la funcionalidad de APOFU de BMS-ET para que exista una versión para OAV. En este caso, los OAV serían los VERT que gracias a su cámara pueden visualizar objetivos a grandes distancias y designarlos, tanto a la red de ACA como al Pelotón de Morteros Pesados del Escuadrón. Así, se evita un uso innecesario de la radio y permitiría la transmisión al instante de la información, que el Jefe del Escuadrón podría visualizar en su pantalla. Está funcionalidad debería ir acompañada de la transmisión de datos de tiro del objetivo a las plataformas productoras de fuego.

Establecer los *docking* que precisan los VH de Caballería para poder integrar físicamente el sistema (las *tablets*) en la plataforma de combate. Los VH de Caballería como el VRCC "Centaurus" o el VEC son anteriores al desarrollo del sistema BMS-ET, por tanto, no existe un espacio dentro del VH donde se pueda instalar el sistema. En consecuencia, son necesarias transformaciones en el interior de las plataformas de combate, específicamente en el puesto del Jefe de vehículo, debido a que es el Jefe quien se encarga de operar el sistema C2IS.

Mejorar el conocimiento de BMS-ET por alumnos, de manera que cuando vayan destinados a las unidades del Arma conozcan plenamente el sistema. Una solución sería impulsar un simulador de BMS-ET.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benito, M. L., 2021. *Trabajo Fin de Máster: Análisis de alternativas para la sustitución del TOAM113*. s.l.:Universidad de Zaragoza.
- Fuller, J., 1965. *La dirección de la guerra*. s.l.:s.n.
- GMV, 2014. *Documento de diseño de instalación TALOS*. s.l.:Ministerio de Defensa.
- GMV, 2020. *Manual de usuario de TALOS táctico*. s.l.:Ministerio de Defensa.
- Illan, E. A., 2020. *Trabajo de fin de grado: Integración de los Apoyos de Fuego y los modos C2-JISR*. s.l.:Universidad de Zaragoza.
- Llopis, I. P., 2009. *Tesis doctoral sobre la arquitectura de un sistema C4ISR para pequeñas unidades*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Lopez, C. R., 2019. *Manual de usuario del programa de ayuda a la decisión AHP*. s.l.:Centro Universitario de la Defensa.
- MADOC, 2014. *Glosario de términos militares (PD4-000)*. s.l.:Ejército de Tierra.
- MADOC, 2017. *Empleo de las fuerzas terrestres (PD1-001)*. 1ª edición ed. s.l.:Ejército de Tierra.
- MADOC, 2019. *Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los grupos (PD4-200)*. s.l.:Ejército de Tierra.
- MADOC, 2019. *Proceso de planeamiento de las operaciones a nivel táctico (PD4-026)*. s.l.:Ejército de Tierra.
- MADOC, 2019. *Sistemas de Mando y Control de Caballería (AGM-TM-402)*. s.l.:Ejército de Tierra.
- MADOC, 2020. *El combate de la Caballería (ACAB-TA-009)*. s.l.:Ejército de Tierra.
- Ministerio de Defensa, 2019. *Manual de Administración BMS-ET (MT-022)*. s.l.:s.n.
- Ministerio de Defensa, 2019. *Manual de usuario BMS-ET (MT-021)*. s.l.:s.n.
- Muñoz, S. P. R. M., 2019. BMS en un grupo de caballería ligero acorazado. *Memorial de Caballería*, Issue 88, pp. 50-52.
- Rusell, B., 1945. *Historia de la filosofía*. s.l.:s.n.
- Saaty, T., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting, Resource, Allocation*. Decision Making Series ed. s.l.:McGraw Hill.
- Séneca, 2018. *Cartas a Lucilio*. Francisco Seca ed. s.l.:s.n.
- Trujillo, R. S., 2018. BMS-LINCE nueva piel de mando y control en el Leopardo 2E. *Ejército*, Issue 928.
- Uriarte, A. S., 2017. *Trabajo de fin de grado: Implementación del sistema TALOS en las unidades de Infantería y su integración en la malla de datos FSE*. s.l.:Universidad de Zaragoza .
- Val, J. S., 2016. *Apuntes de la Calidad*. s.l.:Centro Universitario de la Defensa.
- Val, J. S., 2020. *Apuntes Oficina de Proyectos*. s.l.:Centro Universitario de la Defensa.
- Yagüe, C. S. G., 2017. *Trabajo de fin de grado: implementación del BMS en la plataforma VRCC Centauro*. s.l.:Universidad de Zaragoza.



ANEXOS



Anexo I. Encuesta

Evaluación de necesidades de un Sistema de Mando y Control

1 ¿Es usted oficial o suboficial?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Oficial Suboficial

2 ¿Que importancia cree que tiene la implantación de un sistema de mando y control para su unidad?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Fundamental. Debería ser primera prioridad Importante Poco importante Es algo innecesario

3 ¿Ha trabajado con algún sistema de mando y control en el Ejército de Tierra?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una o más respuestas*

- BMS(Cualquiera de sus versiones) TALOS(Táctico o técnico) SIMACET No he trabajado con ninguno
 Otro(especifique)

4 ¿Cree que los medios en dotación en el Ejército de Tierra están preparados para soportar un sistema de mando y control como BMS o TALOS?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Si Si pero con actualizaciones o modificaciones No pueden No lo se

5 Si usted ha trabajado con BMS(cualquiera de sus versiones) ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se siente más identificado?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Excelente funcionamiento Funciona bien, pero daba algunos problemas Funcionaba muy mal No conseguí ni poder operar con el



Evaluación de necesidades de un Sistema de Mando y Control

6 Si usted ha trabajado con TALOS(Táctico o técnico) ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se siente más identificado?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Excelente funcionamiento Funcionaba bien pero daba algunos problemas Funcionaba muy mal No conseguí ni poder operar con el

7 ¿Cómo cree que es de importante la seguridad del sistema en una operación? (Encriptado de las comunicaciones, no dependencia de medios civiles...)

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Muy importante Importante Relativamente importante No es importante

8 Si usted ha trabajado con BMS y TALOS ¿Qué sistema considera más sencillo de utilización como mando?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- BMS es más sencillo que TALOS TALOS es mas sencillo que BMS BMS y TALOS son igual de sencillos BMS y TALOS son igual de complejos

9 ¿Qué funcionalidad valoraría más en un sistema de mando y control para Caballería?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Planeamiento(creación, modificación y confrontación de líneas de acción, creación de una organización operativa...)
- Situación táctica(seguimiento de las fuerzas durante la conducción de una operación)
- Apoyo de fuegos(Planificación y ejecución de fuegos)
- Apoyo logístico(control de la capacidad de combate real de las unidades, gestión de apoyo logístico)
- Navegación
- Otra (especifique)

10 ¿Cree que un sistema de mando y control para Caballería debería dar un peso más grande a la funcionalidad apoyo de fuegos?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- Fundamental Importante No es algo prioritario No es necesario integrar esta función



Evaluación de necesidades de un Sistema de Mando y Control

11 ¿Qué característica valora mayormente en un sistema de mando y control para Caballería?

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

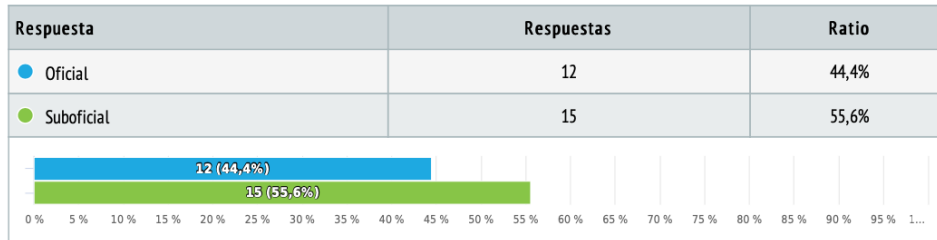
- Velocidad de transmisión de datos Fiabilidad Integración de múltiples funcionalidades Sencillez de uso
- Otra(especifique)



Anexo II. Resultados de la encuesta

1 ¿Es usted oficial o suboficial?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x



2 ¿Que importancia cree que tiene la implantación de un sistema de mando y control para su unidad?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x

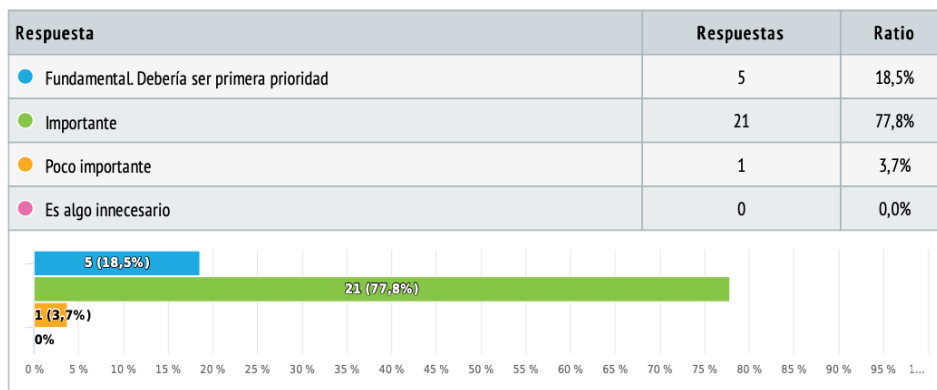
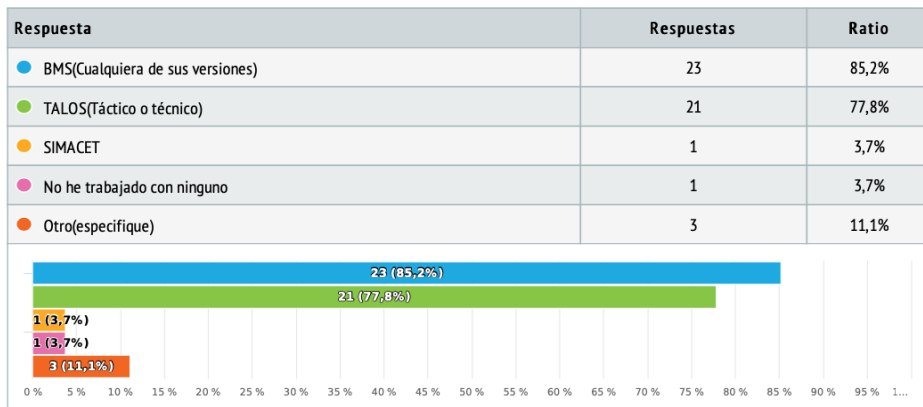


Figura 22: Resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.



3 ¿Ha trabajado con algún sistema de mando y control en el Ejército de Tierra?

Elección múltiple , respuestas 27 x, no respondida 0 x



4 ¿Cree que los medios en dotación en el Ejército de Tierra están preparados para soportar un sistema de mando y control como BMS o TALOS?

Elección simple , respuestas 27 x, no respondida 0 x

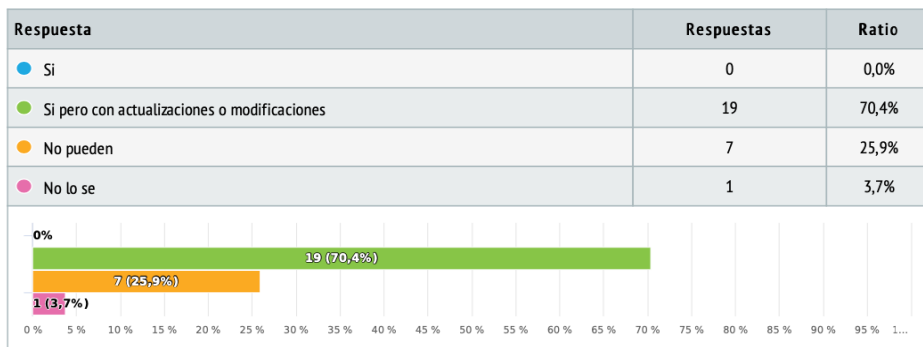
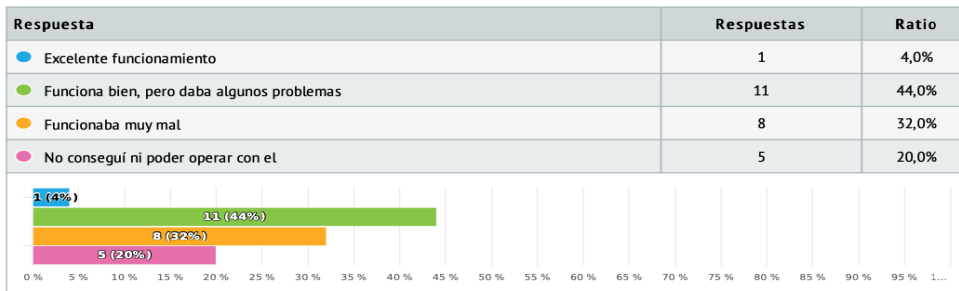


Figura 23: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.



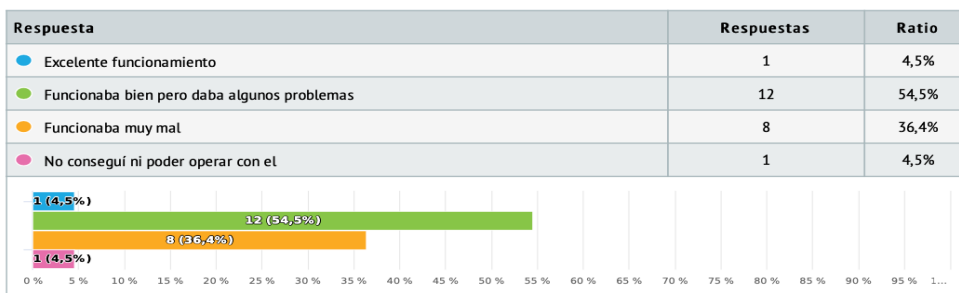
5 Si usted ha trabajado con BMS(cualquiera de sus versiones) ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se siente más identificado?

Elección simple , respuestas 25 x, no respondida 2 x



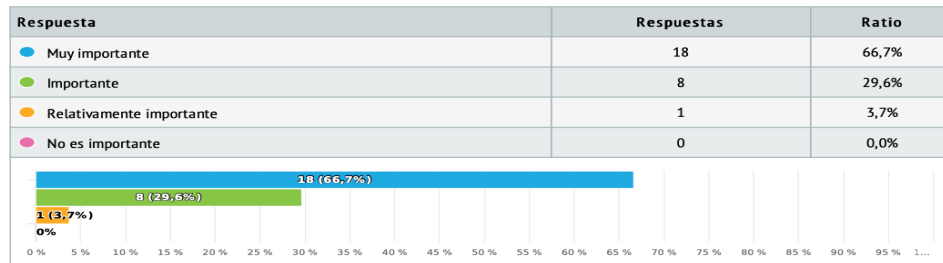
6 Si usted ha trabajado con TALOS(Táctico o técnico) ¿con cuál de las siguientes afirmaciones se siente más identificado?

Elección simple , respuestas 22 x, no respondida 5 x



7 ¿Cómo cree que es de importante la seguridad del sistema en una operación? (Encriptado de las comunicaciones, no dependencia de medios civiles...)

Elección simple , respuestas 27 x, no respondida 0 x



8 Si usted ha trabajado con BMS y TALOS ¿Qué sistema considera más sencillo de utilización como mando?

Elección simple , respuestas 20 x, no respondida 7 x

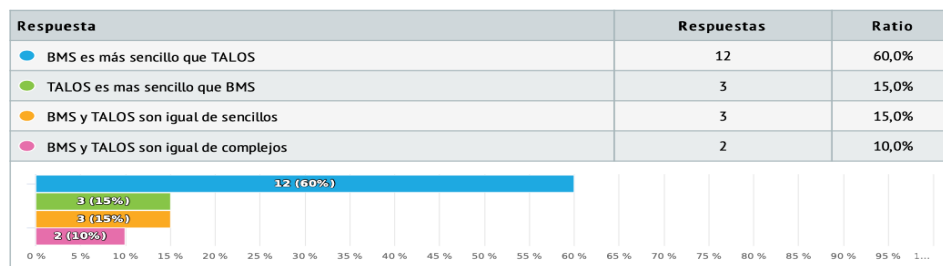


Figura 24: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.



9 ¿Qué funcionalidad valoraría más en un sistema de mando y control para Caballería?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x

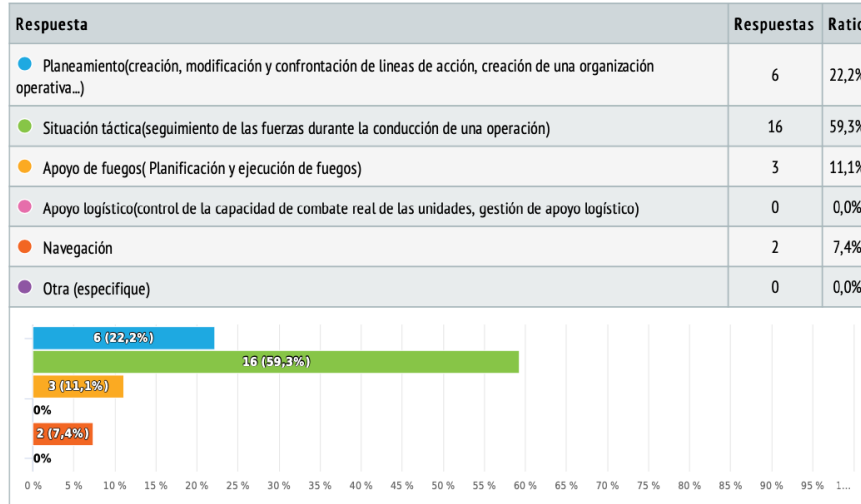
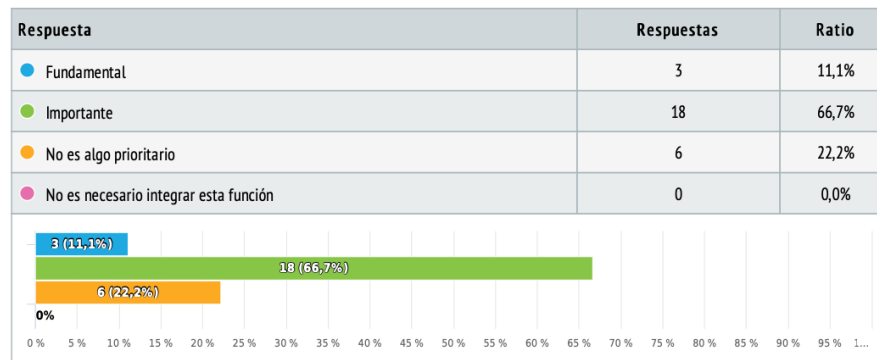


Figura 25: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio

10 ¿Cree que un sistema de mando y control para Caballería debería dar un peso más grande a la funcionalidad apoyo de fuegos?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x



11 ¿Qué característica valora mayormente en un sistema de mando y control para Caballería?

Elección simple, respuestas 27 x, no respondida 0 x

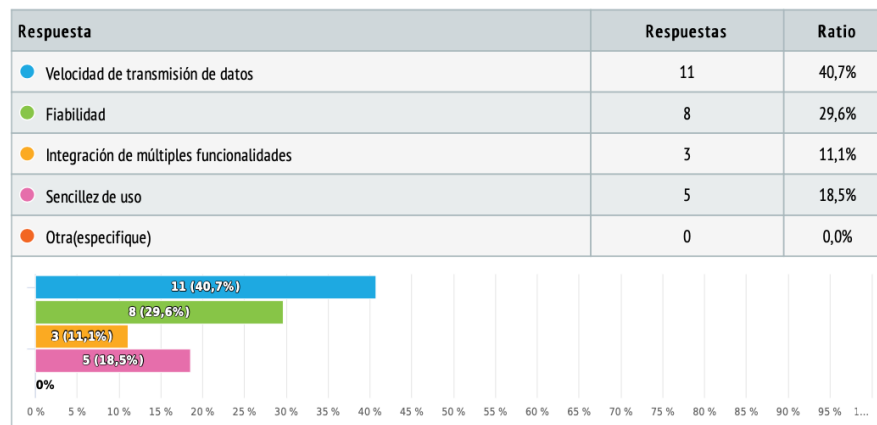


Figura 26: resultados de la encuesta. Fuente: elaboración con aplicación Survio.



Anexo III. Análisis estadístico

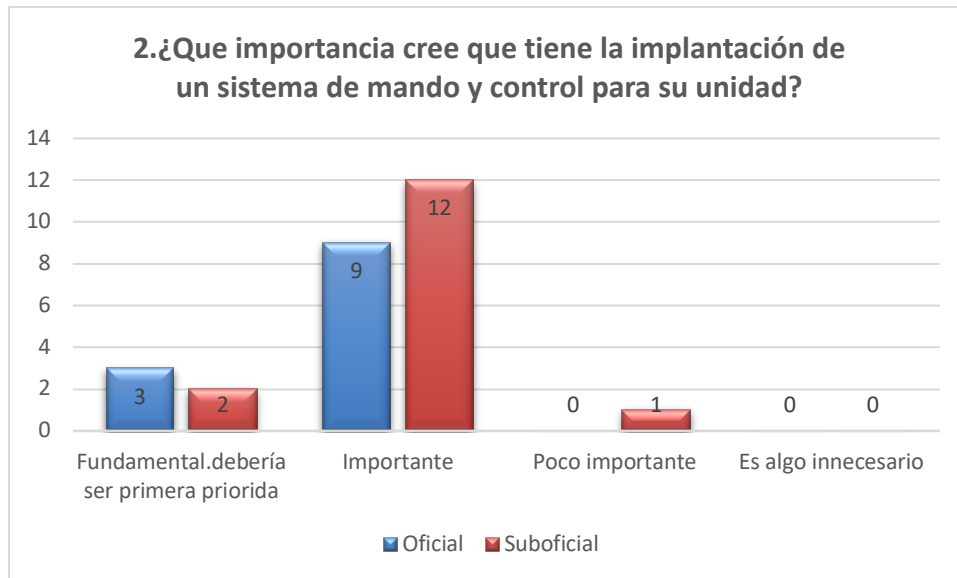


Figura 27: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

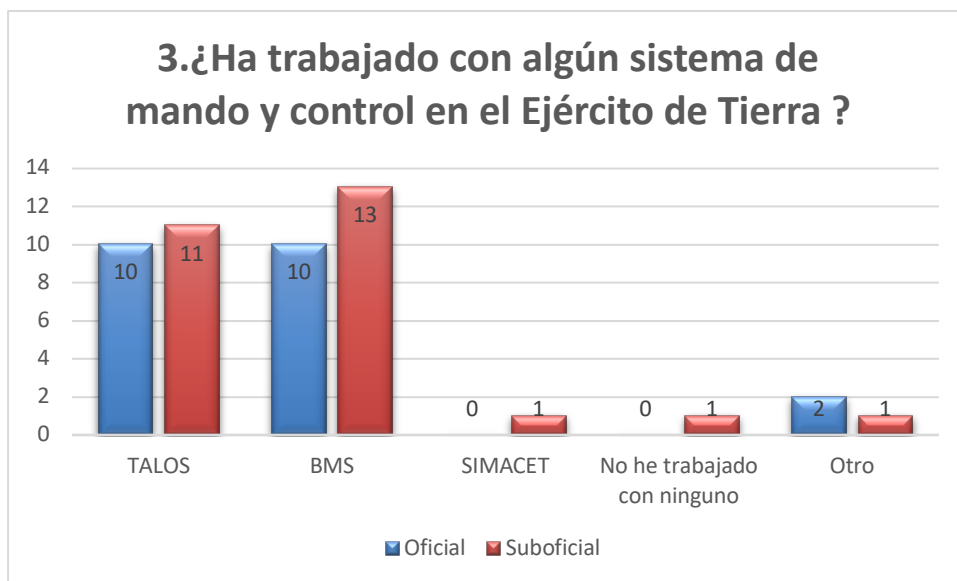


Figura 28: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

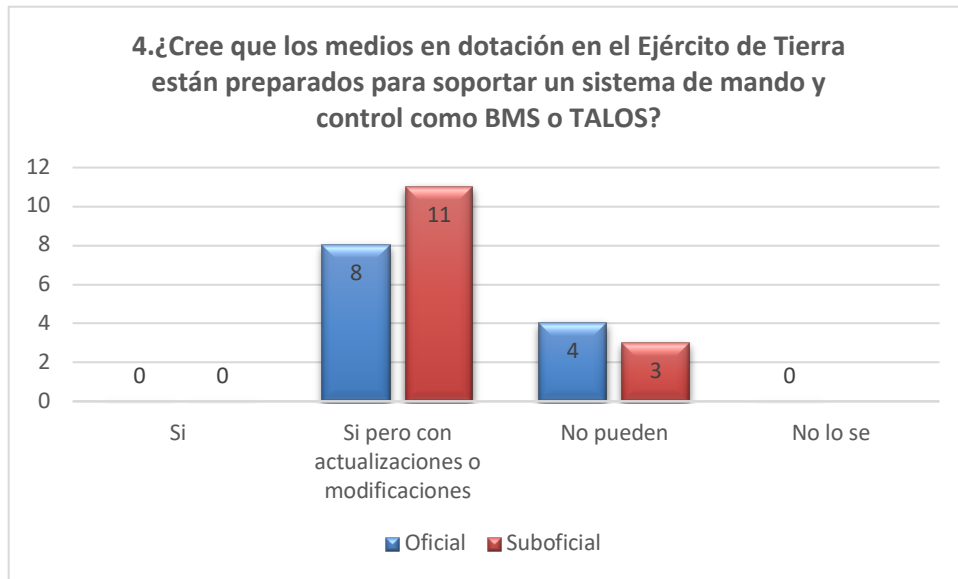


Figura 29:Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

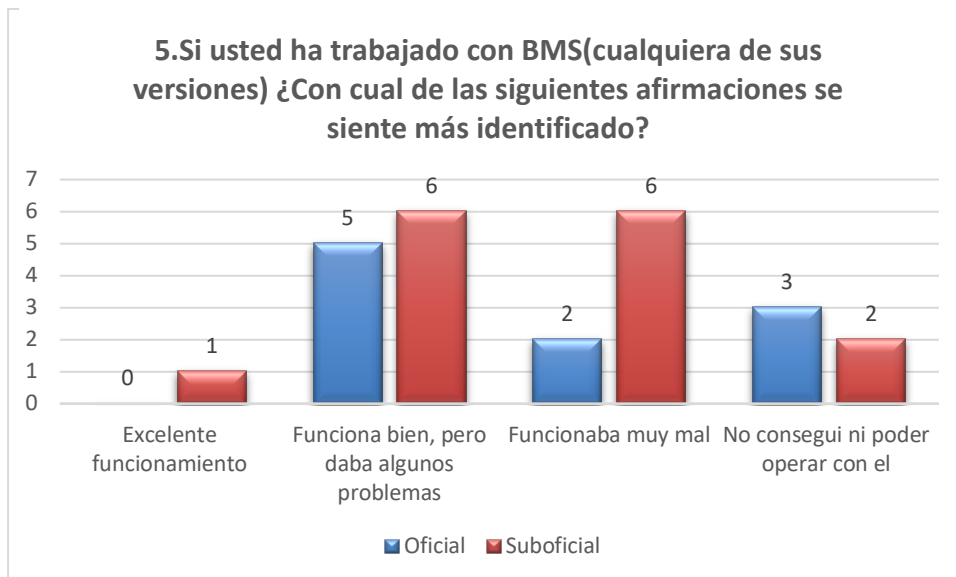


Figura 30:Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

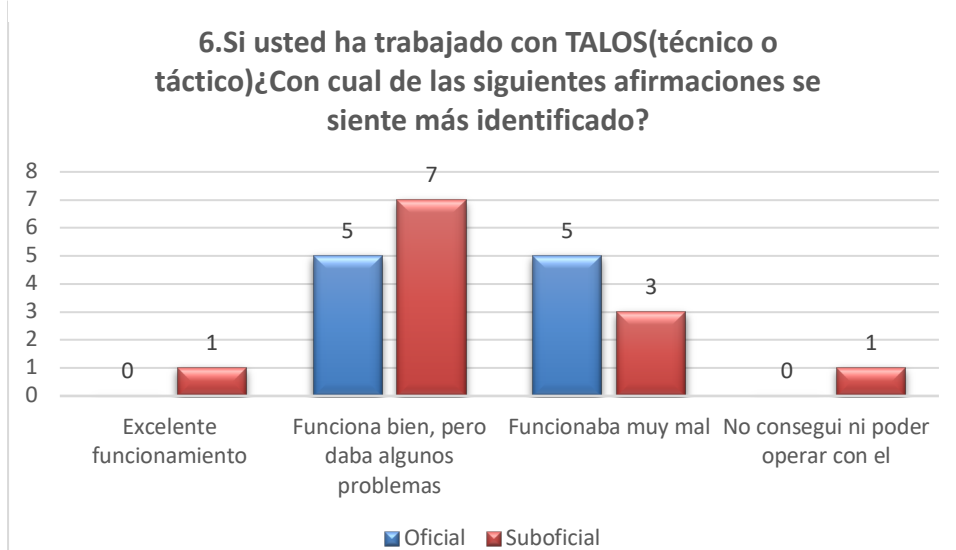


Figura 31:Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

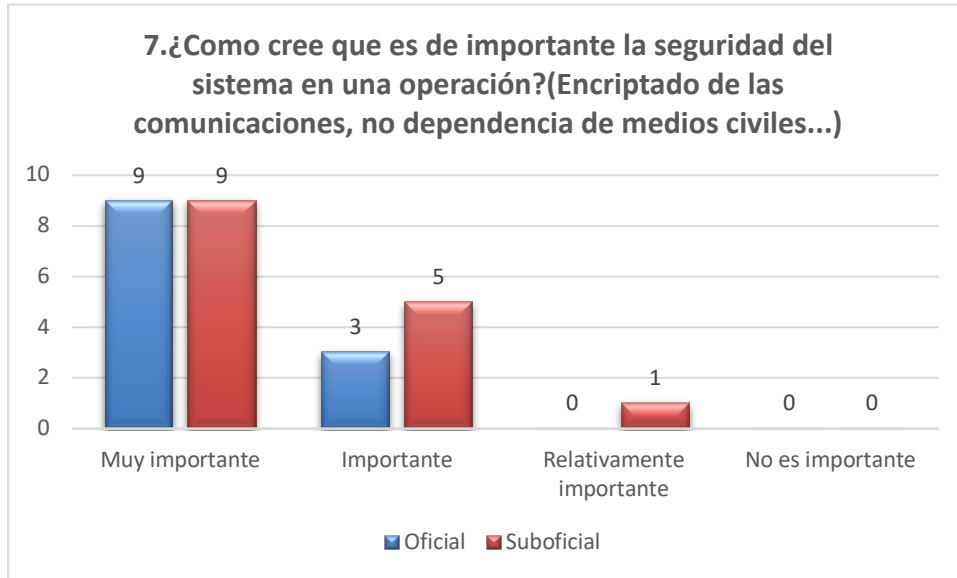


Figura 32:Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

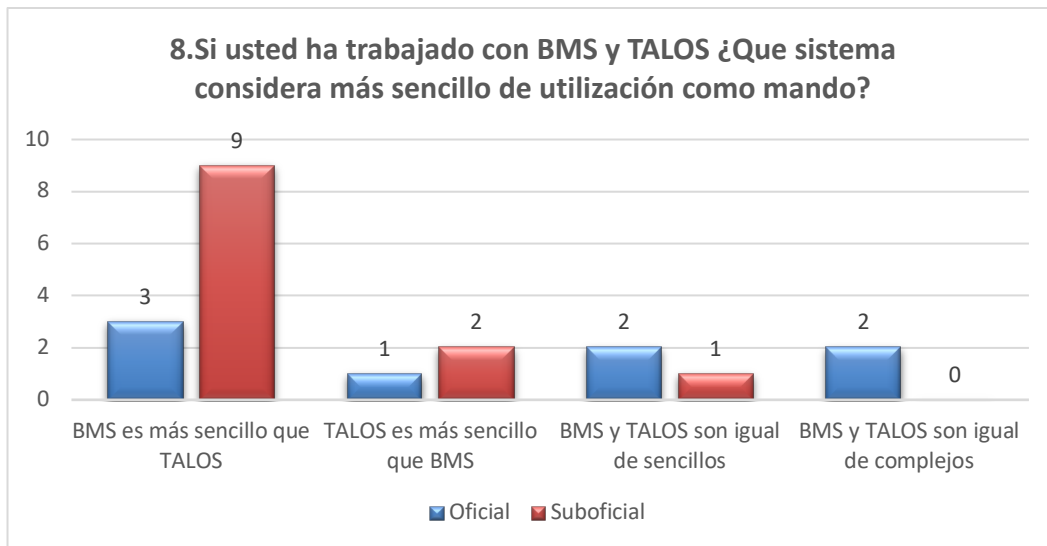


Figura 33:Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

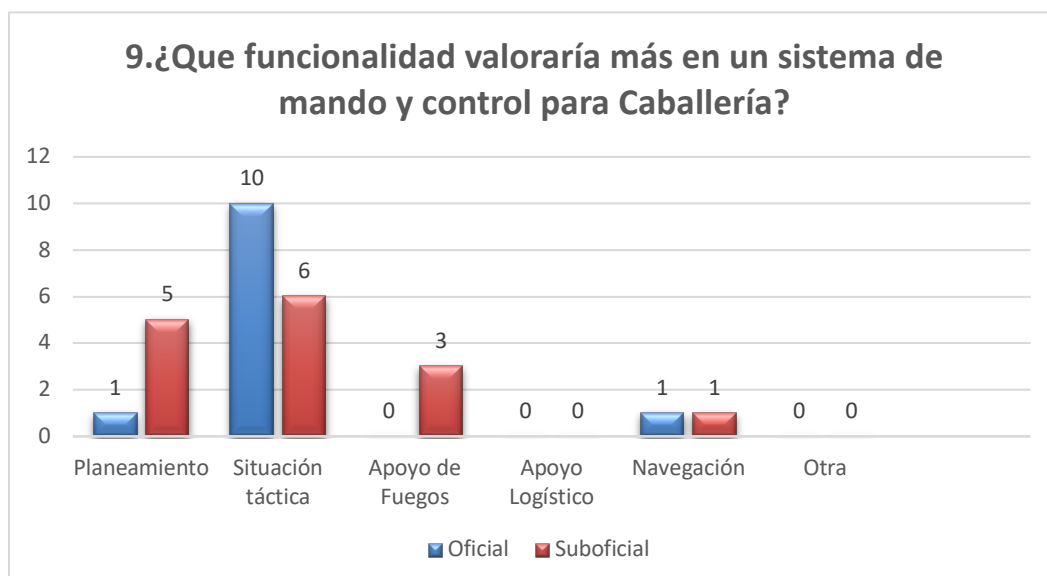


Figura 34:Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

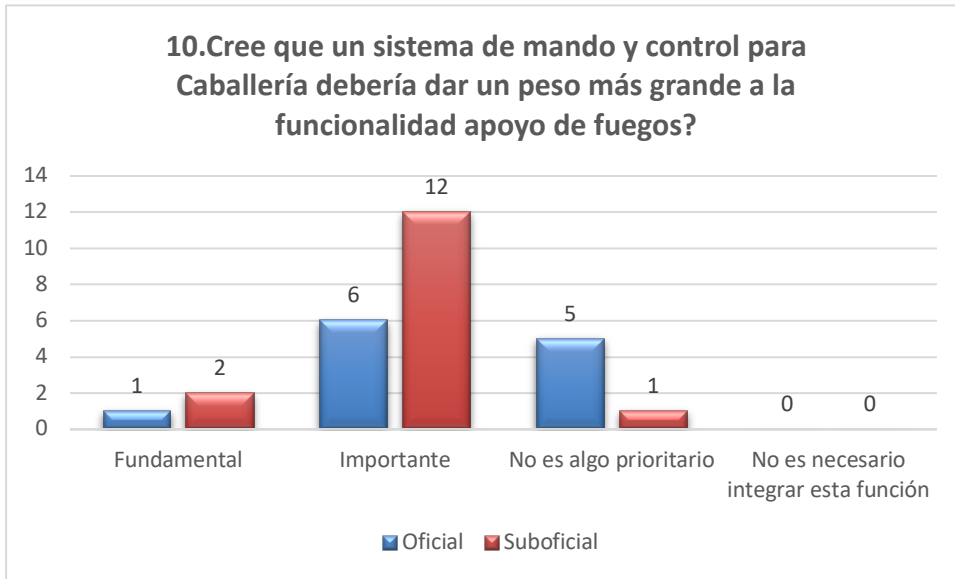


Figura 35: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.

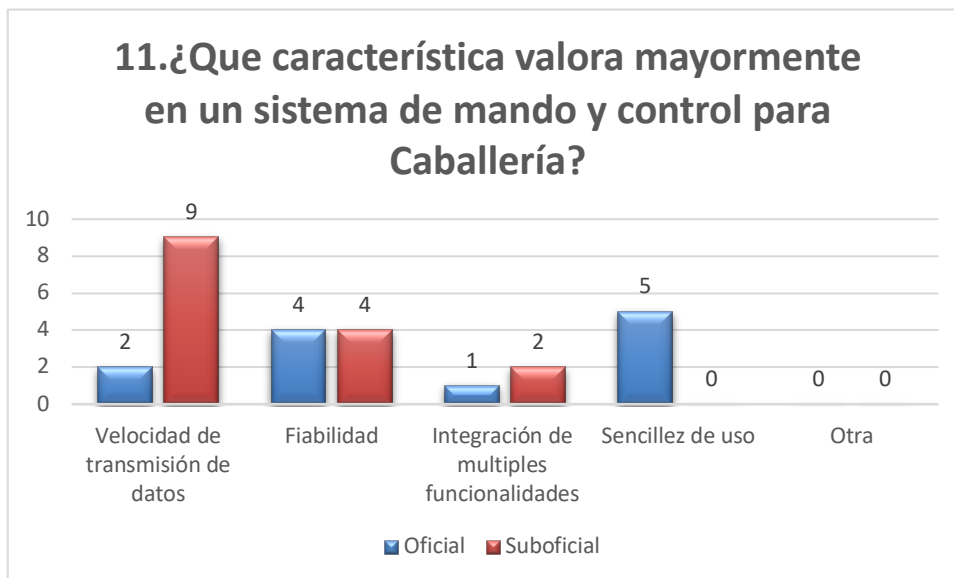


Figura 36: Estudio estadístico. Fuente: elaboración propia.



Anexo IV. Entrevistas.

Entrevista realizada al Jefe del Área de Informática del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión:

- ¿Qué sistema de mando y control considera usted que puede adaptarse mejor a los medios de transmisión actuales?
- ¿Cree usted que hoy en día se podría implementar ambos sistemas en los vehículos de la unidad?
- ¿Qué ventajas y desventajas encuentra usted en cuanto a la instalación de TALOS?
- ¿Qué ventajas y desventajas encuentra usted en cuanto a la instalación de BMS?
- ¿Cree que el Grupo debería operar con ambos sistemas?

Entrevista realizada al Capitán Jefe del ELAC-2 del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión:

- ¿Cree que la funcionalidad de planeamiento de BMS y TALOS es útil de cara a realizar una operación o únicamente considera que estos sistemas deberían utilizarse para la conducción de operaciones?
- ¿Cual cree que son las deficiencias tanto de BMS como de TALOS?
- ¿Cual cree que son los puntos fuertes de BMS y TALOS?
- Como mando encargado de realizar la planificación de apoyos de fuegos del pelotón de morteros pesados y de su ejecución ¿Ve necesaria una aplicación como TALOS técnico para el Escuadrón o Grupo?
- ¿Valoraría disponer únicamente de la PDA de TALOS como sistema de mando y control?

Entrevista realizada al Teniente Jefe de la SEV del ELAC-2 del GCLAC “Reyes Católicos” II de la Legión:

- A la hora de realizar planeamientos de operaciones y la conducción de la misma, ¿Qué sistema C2IS (BMS-ET o TALOS), considera mas útil para unidades de Caballería?
- ¿Qué ventajas cree que tiene TALOS táctico que BMS-ET no tiene? ¿Y desventajas?



- ¿Qué ventajas cree que tiene BMS-ET que TALOS táctico no tiene? ¿Y desventajas?
- ¿Qué sistema de mando y control consideraría para dotar a su unidad? ¿Por qué?
- ¿Cree que la PDA táctica de TALOS podría ser útil para unidades de Caballería en comparación con BMS? ¿Por qué?
- Puede realizar cualquier aportación a la entrevista sobre BMS o TALOS que considere oportuna y no se haya abarcado en la entrevista y considere que es fundamental a la hora de realizar un análisis comparativo



Anexo VI. Resultados metodología AHP.

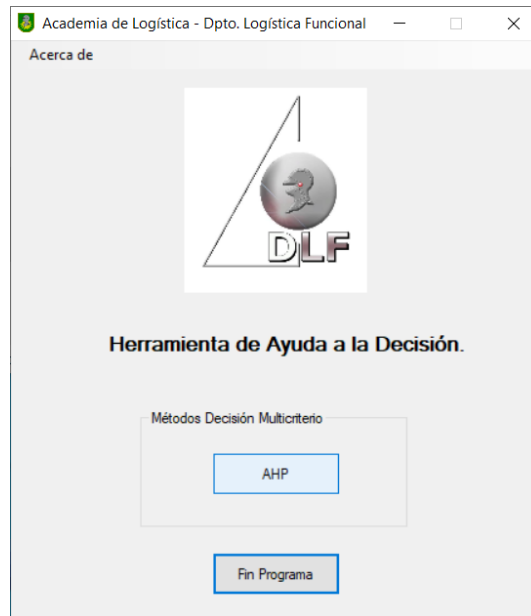


Figura 37: Programa AHP. Fuente: elaboración propia.

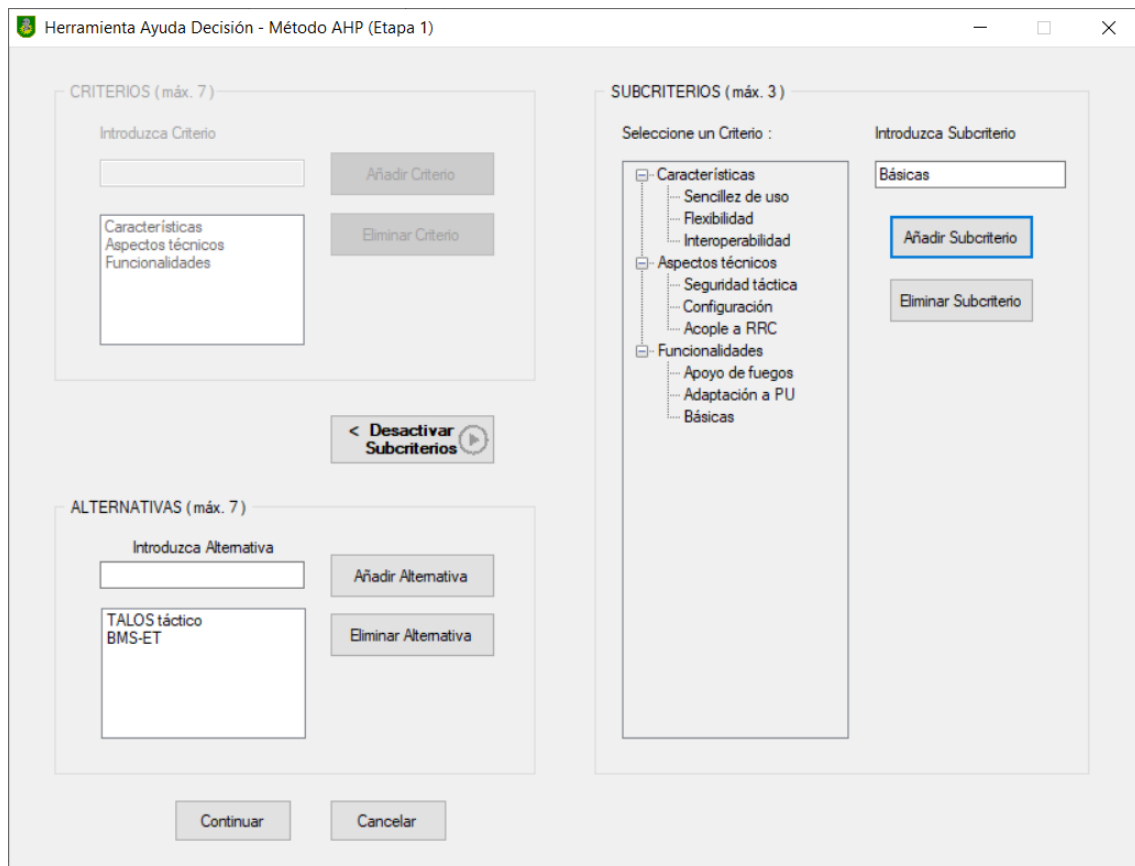


Figura 38: árbol AHP. Fuente: elaboración propia.



Tabla 14: evaluación criterios. Fuente: elaboración propia.

Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)

Evaluación de CRITERIOS

CRITERIOS	Características	Aspectos técnicos	Funcionalidades
Características	1	1/3	3
Aspectos técnicos	3	1	7
Funcionalidades	1/3	1/7	1

PESOS(W)

0,24
0,67
0,09

Escala de SAATY

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

R.I. : 0,0061

Calcular

< Volver Datos AHP

Tabla 15: evaluación de subcriterios. Fuente: elaboración propia.

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

Características	Sencillez de uso	Flexibilidad	Interoperabilidad	PESOS(W)
Sencillez de uso	1	5	7	0,70
Flexibilidad	1/5	1	5	0,23
Interoperabilidad	1/7	1/5	1	0,07

R.I. : 0,1629

Aspectos técnicos	Seguridad táctica	Configuración	Acople a RRC	PESOS(W)
Seguridad táctica	1	9	3	0,69
Configuración	1/9	1	1/3	0,08
Acople a RRC	1/3	3	1	0,23

R.I. : 0,0000

Funcionalidades	Apoyo de fuegos	Adaptación a PU	Básicas	PESOS(W)
Apoyo de fuegos	1	1/9	1/7	0,06
Adaptación a PU	9	1	1/3	0,33
Básicas	7	3	1	0,61

R.I. : 0,1820

Calcular

< Volver

Tabla 16: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

R.I. : 0,0000

Sencillez de uso	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/7	0,13
BMS-ET	7	1	0,87

R.I. : 0,0000

Flexibilidad	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)
TALOS táctico	1	3	0,75
BMS-ET	1/3	1	0,25

R.I. : 0,0000

Interoperabilidad	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/7	0,13
BMS-ET	7	1	0,87

R.I. : 0,0000

Seguridad táctica	TALOS táctico	BMS-ET	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/9	0,10
BMS-ET	9	1	0,90

Calcular

< Volver



Tabla 17: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

Configuración	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/5	0,17	0,17
BMS-ET	5	1	0,83	0,83

Acople a RRC	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/5	0,17	0,17
BMS-ET	5	1	0,83	0,83

Apoyo de fuegos	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	5	0,83	0,83
BMS-ET	1/5	1	0,17	0,17

Adaptación a PU	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/7	0,13	0,13
BMS-ET	7	1	0,87	0,87

Calcular

< Volver

Tabla 18: evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

Apoyo de fuegos	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	5	0,83	0,83
BMS-ET	1/5	1	0,17	0,17

Adaptación a PU	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1/7	0,13	0,13
BMS-ET	7	1	0,87	0,87

Básicas	TALOS táctico	BMS-ET	R.I. : 0,0000	PESOS(W)
TALOS táctico	1	1	0,50	0,50
BMS-ET	1	1	0,50	0,50

Calcular

< Volver



Tabla 19: matriz de decisión. Fuente: elaboración propia.

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	TALOS táctico	BMS-ET
Características	0,24	0,27	0,73
+ Sencillez de uso	0,70	0,13	0,87
+ Flexibilidad	0,23	0,75	0,25
+ Interoperabilidad	0,07	0,13	0,87
Aspectos técnicos	0,67	0,12	0,88
+ Seguridad táctica	0,69	0,10	0,90
+ Configuración	0,08	0,17	0,83
+ Acople a RRC	0,23	0,17	0,83
Funcionalidades	0,09	0,40	0,60
+ Apoyo de fuegos	0,06	0,83	0,17
+ Adaptación a PU	0,33	0,13	0,87
+ Básicas	0,61	0,50	0,50
		0,18	0,82

< Volver Fin Método AHP



Anexo VII. Despliegue del sistema de morteros con TALOS.

Una PU puede organizar su propio “Sistema de Morteros”, que incluye los siguientes elementos:

- Observador de morteros: se encarga de acompañar a las unidades de vanguardia. Esta dotado de un terminal TALOS y de un telemetro. Su función es señalar objetivos y transmitir las peticiones de fuego a su Jefe.
- Los datos del observador de morteros se reciben de manera instantánea y simultánea por JU y por el Pelotón de Morteros Pesados.
- Los datos de tiro son calculados y el Jefe del Pelotón de Morteros Pesados envía los datos (por TALOS) y cada pieza introduce los datos. El fuego se realiza con autorización del JU.
- El observador de morteros corrige el tiro a través de TALOS y se repite el proceso.



Figura 39:escuadra de morteros pesados una vez efectuado el fuego; destacando el peligro que supondría el estar de pie junto a la boca de fuego en el momento del disparo. Fuente: Manual MI4-206: “Escuadra/Pelotón de Morteros Pesados de Caballería”.



Anexo VIII: Vehículos de Caballería



Figura 40: VEC y VAMTAC S3. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).



Figura 41: VERT. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).



Figura 42: VRCC Centauro. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).



Figura 43: VEC y CC Leopard 2E. Fuente: Táctica. Empleo de las Pequeñas Unidades de Caballería: los Grupos (PD4-200).



Figura 44: Leopard 2A 4. Fuente: Infodefensa.



Figura 45: VCC Pizarro. Fuente: Defensa.com.