



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

MEJORA DEL MANDO Y CONTROL DE UNIDADES LIGERO-PROTEGIDAS EN ZONAS URBANIZADAS

Autor

CAC D. Miguel Angel Castro García

Directores

Director académico: Dr. D. Antonio Luis
Montealegre Gracia

Director militar: Cte. D. Carmelo Cid González

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022

Agradecimientos

Quiero agradecer la colaboración, la dedicación, el esfuerzo y la disponibilidad de todas aquellas personas que me han ayudado a la realización de este trabajo:

A mi tutor, el Dr. Don Antonio Luis Montealegre Gracia, por su constante implicación, apoyo y total disponibilidad.

A mi director militar, el Cte. Don Carmelo Cid González por los conocimientos que me ha transmitido.

A los cuadros de mando de la 3ª Cía. "La Laureada" de la IV Bandera Cristo de Lepanto perteneciente al Tercio Duque de Alba II de La Legión. En especial al Cap. Don Juan Ramón Rodríguez Juste, mi tutor militar, por su asesoramiento y ayuda en todo lo que ha sido posible. Su confianza y motivación han sido factores clave para desarrollar este Trabajo de Fin de Grado.

Al Col. Don Julián Iranzo Collado, por sus excepcionales aportaciones.

Al Tte. Don Salvador Padilla Rascón, por su implicación más que temprana y la cercanía mostrada a la hora de preguntar cualquier duda.

A mis padres, a mi hermana y a toda mi familia. Su constante apoyo y fuente de motivación y alegría han sido fundamentales para la elaboración de este trabajo.

A mi pareja, por estar siempre ahí cuando la he necesitado.

A mis compañeros, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

Por último, a todas aquellas personas que han participado directa o indirectamente en este proyecto.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN

La evolución constante de los conflictos bélicos y el proceso de cambio vertiginoso al que están sometidos los escenarios en los que se desarrollan las operaciones militares hacen que la adaptación y actualización de los medios tecnológicos adquieran una gran importancia dentro de los objetivos estratégicos del Ejército de Tierra (ET). Estos objetivos se recogen en “FUERZA 35”, un documento elaborado por el General de Ejército, Don Francisco Javier Varela Salas, anterior Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra (JEME), donde se expone la especial relevancia que está adquiriendo el entorno urbano, constituyéndose como el escenario principal y más peligroso en el que se desarrollarán los conflictos.

Se trata de un entorno impredecible, dinámico, inestable y de creciente complejidad que, unido a los rápidos avances tecnológicos, la posibilidad de acceso a tecnologías de uso civil y militar, así como la hiperconectividad y la gran influencia de los medios de comunicación y redes sociales, obliga a una evolución en los medios tecnológicos propios que permita ejercer de manera eficaz el mando y control de las Unidades.

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) trata de identificar los problemas, y sus posibles soluciones, que existen actualmente en el ejercicio del mando y control de las Unidades de infantería ligero-protectoras del ET que, por sus características (principalmente movilidad y potencia de fuego), son las más idóneas para desempeñar el combate en zonas urbanizadas. Para ello, es necesario la consecución de unos objetivos parciales: (1) Identificar las necesidades de mando y control de Unidades de infantería ligero-protectoras en zonas urbanizadas; (2) determinar las fortalezas y debilidades que presentan los sistemas de comunicación que se emplean actualmente; (3) estudiar las posibles soluciones que permitan resolver los problemas de comunicación identificados, analizando las ventajas y limitaciones para su uso en el mando y control en zonas urbanizadas; y (4) determinar la viabilidad de la implementación de las soluciones seleccionadas en las Unidades de infantería ligero-protectoras.

La metodología planteada se articula en cuatro fases, ligadas íntimamente con los objetivos parciales planteados. En ellas se emplean herramientas como la realización de entrevistas y encuestas; la recopilación de información obtenida en la IV Bandera Cristo de Lepanto perteneciente al Tercio Duque de Alba, II de La Legión donde se realizaron las prácticas externas (PEXT); la consulta de bibliografía (manuales de doctrina e informes especializados), de recursos de Internet y, por último, la elaboración de gráficos radiales y matrices.

Los resultados obtenidos indican que los medios actualmente en dotación de las Unidades ligero-protectoras no satisfacen sus necesidades para ejercer el mando y control correctamente. En consecuencia, se han estudiado posibles soluciones que se exponen en este trabajo. De las distintas soluciones propuestas, se ha llegado a la conclusión que hay dos equipos de radio que satisfacen completamente las necesidades detectadas para ejercer el mando y control: la radio E-Lynx y la RF-7850S, destacando de entre las dos la mencionada en segundo lugar debido a que posee todas las fortalezas de la E-Lynx además de una muy alta velocidad de transmisión de datos.

PALABRAS CLAVE

FUERZA 35, Combate urbano, Sistema de comunicación, E-Lynx, RF-7850S.

ABSTRACT

The constant evolution of military conflicts and the dizzying process of change to which the scenarios in which military operations are carried out are subject, means that the adaptation and updating of technological resources are of great importance within the strategic objectives of the Spanish Army.

These objectives are set out in "FORCE 35", a document drawn up by Army General Francisco Javier Varela Salas, *Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra (JEME)*, which sets out the special relevance that the urban environment is acquiring, constituting the main and most dangerous scenario in which conflicts will take place.

This is an unpredictable, dynamic, unstable, and increasingly complex environment which, together with rapid technological advances, the possibility of access to technologies for civilian and military use, as well as hyperconnectivity and the great influence of the media and social networks, requires an evolution in the technological resources that allows the command and control of units to be exercised effectively.

This Final Degree Project aims to identify the problems, and possible solutions, that currently exist in the exercise of command and control of the Army's light-protected infantry units which, due to their characteristics (mainly mobility and firepower), are the most suitable for combat in urbanised areas.

To this end, it is necessary to achieve several partial objectives: (1) to identify the command and control needs of light-protected infantry units in built-up areas; (2) to determine the strengths and weaknesses of the communication systems currently in use; (3) to study possible solutions to solve the identified communication problems, analyzing the advantages and limitations for their use in command and control in built-up areas; and (4) to determine the feasibility of implementing the selected solutions in light-protected infantry units.

The proposed methodology is articulated in four phases, closely linked to the partial objectives set out. These include tools such as interviews and surveys; complementary information obtained in the unit where the external practices were carried out; consultation of bibliography (doctrine manuals and specialized reports), internet resources, and, finally, different graphs.

The results obtained indicate the resources currently available for light-protected units do not cover their needs to exercise command and control correctly. Consequently, possible solutions have been studied and are presented in this document. From the different solutions proposed, it has been concluded that there are two options of radio equipment that fully satisfy the needs detected for exercising command and control: the E-Lynx radio and the RF-7850S, with the latter standing out from the two because it has all the strengths of the E-Lynx as well as a very high data transmission speed.

KEYWORDS

FORCE 35, Urban Combat, Communication System, E-Lynx, RF-7850S.



INDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	I
<i>RESUMEN</i>	III
PALABRAS CLAVE	III
<i>ABSTRACT</i>	IV
KEYWORDS	IV
<i>INDICE DE CONTENIDO</i>	VI
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	VIII
<i>INDICE DE TABLAS</i>	IX
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	3
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE	3
2.2. METODOLOGÍA	3
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	5
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	7
4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MANDO Y CONTROL DE UNIDADES LIGERO-PROTEGIDAS EN ZONAS URBANIZADAS	7
4.2. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN QUE SE EMPLEAN ACTUALMENTE EN LAS UNIDADES LIGERO-PROTEGIDAS	13
4.2.1. Criterios técnicos para elegir un sistema de comunicación	13
4.2.2. Equipos de radio actualmente en dotación	15
• PR4G	16
• PNR-500	17
• SPEARNET	17
4.3. VALORACIÓN DE OTROS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN ALTERNATIVOS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN IDENTIFICADOS	20



• SISTEMA ATAK	20
• E-Lynx.....	21
• RF-7850S	22
4.4 NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS SELECCIONADOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS.....	24
5. CONCLUSIONES.....	26
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	29
Anexo I. Entrevista al Tte. D. Salvador Padilla Rascón realizada en Ceuta en septiembre de 2021.....	30
Anexo II. Encuestas realizadas a los cuadros de mando de la IV Bandera Cristo de Lepanto en septiembre de 2021.....	32
Anexo III. Entrevista al Col. D. Julián Iranzo Collado realizada en Madrid en octubre de 2021.	35



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gráfico de resultados de las encuestas sobre factores que influyen en la pérdida de mando y control.....	9
Figura 2 Gráfico de resultados de las encuestas sobre las características para la mejora de los sistemas de mando y control	12
Figura 3 PR4G V3	16
Figura 4 PNR-500	17
Figura 5 SPEARNET	18
Figura 6 Radar Chart sobre la comparativa de las características técnicas de los equipos PR4G, PNR-500 y SPEARNET	19
Figura 7 Sistema ATAK	21
Figura 8 Sistema ATAK	21
Figura 9 E-Lynx	22
Figura 10 RF-7850S	22
Figura 11 Radar Chart comparativa características técnicas E-Lynx y RF-7850S	23



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valoración de los JCia y JSc de los factores que influyen en la pérdida del mando y control	8
Tabla 2 Valoración de los JPn de los factores que influyen en la pérdida del mando y control	8
Tabla 3 Comparativa global de las valoraciones	9
Tabla 4 Valoración de los JCia y JSc de las características técnicas de los medios de enlace	10
Tabla 5 Valoración de los JPn de las características técnicas de los medios de enlace	11
Tabla 6 Comparativa global de las valoraciones	11
Tabla 7 Características técnicas PR4G V3.....	16
Tabla 8 Características técnicas PNR-500	17
Tabla 9 Características técnicas SPEARNET.....	18
Tabla 10 Fortalezas y debilidades de los equipos PR4G, PNR-500 y SPEARNET.....	19
Tabla 11 Características técnicas E-Lynx.....	22
Tabla 12 Características técnicas RF-7850S.....	22



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AES	<i>Advanced Encryption Standard</i>
AGM	Academia General Militar
ATAK	<i>Android Team Awareness Kit</i>
bps	Bits por segundo
CAP	Capitán
CIS	Sistemas de Información y Comunicaciones
COMGECEU	Comandancia General de Ceuta
COL	Coronel
CTE	Comandante
DEM	Diplomado de Estado Mayor
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
DIVOPE	División de Operaciones
EEUU	Estados Unidos
EME	Estado Mayor Ejército de Tierra
EMAD	Estado Mayor de la Defensa
ESSOR	<i>European Secure Software Defined Radio</i>
ET	Ejército de Tierra
EW	Guerra Electrónica (<i>Electronic Warfare</i>)
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HF	<i>High Frequency</i>
JCIA	Jefe de Compañía
JCISAT	Jefatura Sistemas de información, Telecomunicaciones y Asistencia Técnica
JEME	Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra
JPN	Jefe de Pelotón
JSC	Jefe de Sección
Kbps	Kilobits por segundo
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina
MALE	Mando de Apoyo Logístico del ET
MC3	Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones
MANET	<i>Mobile Ad hoc Network</i>
MOE	Mando de Operaciones Especiales
PEXT	Prácticas Externas
PPT	Pliego de Prescripciones Técnicas
PU	Pequeña Unidad
RBA	Red Básica de Área
REM	Requisitos Operativos de Estado Mayor
SDR	<i>Software Defined Radio</i>
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TTE	Teniente
TPP	Táctica, Técnica y Procedimiento
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
ZO	Zona de Operaciones





1. INTRODUCCIÓN

El término combate se define, según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, como la “acción bética o pelea en que intervienen fuerzas militares de alguna importancia” (Real Academia Española, 2021). Ante esta definición tan genérica y que engloba tantos conceptos, es preciso preguntarse si solo existe un tipo de combate. Para encontrar una respuesta, simplemente hay que echar la vista atrás y analizar los conflictos de índole militar sucedidos a lo largo de la historia.

Hasta no hace mucho tiempo, los combates se daban por el enfrentamiento directo de dos o más ejércitos. Sin embargo, los combates más modernos siguen objetivos predeterminados, perfectamente calculados y en ellos se hace uso de todo tipo de medios para minimizar el costo personal y material.

Para hacer frente a lo que previsiblemente serán los conflictos bélicos del futuro, en el Estado Mayor del Ejército de Tierra (EME), se elaboró un documento llamado “FUERZA 35”, con el objetivo de disponer en el 2035 de un Ejército capacitado para hacer frente a cualquier riesgo o amenaza que se presente. En el prólogo del documento, el Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra (JEME) hace referencia a que la constante evolución de los riesgos y amenazas y la rápida evolución tecnológica han traído consigo un vertiginoso cambio en la sociedad actual en todos sus ámbitos, incluido el militar, y la evolución todavía será mayor en el futuro. Esto exige una constante adaptación que debe materializarse en “FUERZA 35” (EME, 2019).

Los ámbitos de actuación de las fuerzas militares se verán afectados por una serie de factores, entre los que se encuentran: la proliferación de conflictos producidos por la escasez de recursos, el incremento de los nacionalismos o la defensa de los intereses nacionales; la presión migratoria; las tensiones derivadas del cambio climático; la concentración de la población en áreas urbanas (62 % en 2035); nuevas vías de acceso a la población para obtener información o influir en ella mediante la información y la desinformación; la evolución tecnológica; etc.

En “FUERZA 35” se analizan cuatro ámbitos de actuación, siendo uno de ellos el combate en áreas urbanizadas. No solo se considera el escenario con el índice más alto de peligrosidad, sino que también que el combate en áreas densamente urbanizadas pasará a ser lo habitual.

El documento define también las características de las áreas urbanizadas. Entre ellas se citan: la constante presencia de la población, con incidencia directa en las operaciones; enemigo asimétrico; efecto de las edificaciones en la maniobra; dificultades para el movimiento y para el apoyo de fuegos; dificultad de conocer la situación propia; dificultades en las comunicaciones; etc.

El enemigo, por su parte, continúa inmerso en una evolución continua. Es el principal motivo por el que se ha producido un fuerte cambio en las Tácticas, Técnicas y Procedimientos (TTP). La tendencia que está siguiendo es la formación y consolidación de grupos armados no regulares que utilizan TTP atípicas motivadas mayormente por el entorno urbano en el que operan.

Al enfrentamiento entre las fuerzas propias y las enemigas con las condiciones comentadas se le conoce como combate asimétrico o combate no convencional. Las características de este combate son principalmente la búsqueda de la sorpresa ante un adversario militarmente más poderoso, huyendo de sus capacidades, explotando sus puntos débiles y vulnerabilidades. Esto tiene un impacto más allá del resultado meramente táctico (MADOC, 2018b).

En definitiva, en “FUERZA 35” se contempla la necesidad de disponer de fuerzas capacitadas para llevar a cabo el combate en áreas urbanizadas con plenas garantías de éxito, siendo las Unidades ligero-protegidas las más idóneas para ello. Evidentemente, su orgánica y medios deben adaptarse a dicho escenario.



Desde el punto de vista del combatiente, entendido como el recurso más importante, este tipo de Unidades solo podrán desempeñar su misión satisfactoriamente si disponen de medios tecnológicos adaptados a este escenario que permitan un eficaz ejercicio del mando y control, traduciéndose en agilizar los procesos de decisión mediante la gestión de un gran volumen de información de manera precisa y con oportunidad en el tiempo (de Gregorio y Monmeneu, 2019; MADOC, 2018a).



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de este trabajo es analizar los sistemas de mando y control actualmente utilizados por los mandos de las Unidades ligero-protectoras en el combate en zonas urbanizadas y proponer alternativas de mejora para su futura implementación. Cabe destacar que dichos sistemas deben asegurar el enlace y la coordinación entre el personal que se encuentra en los vehículos y el personal desembarcado.

Para el cumplimiento de este objetivo principal es necesaria la consecución de una serie de objetivos específicos que se exponen a continuación:

- Identificar las necesidades de mando y control de Unidades de infantería ligero-protectoras en zonas urbanizadas.
- Determinar las fortalezas y debilidades que presentan los sistemas de comunicación que se emplean actualmente.
- Estudiar las posibles soluciones que permitan resolver los problemas de comunicación identificados, analizando las ventajas y limitaciones para su uso en el mando y control en zonas urbanizadas.
- Valorar la viabilidad de la implementación de las soluciones seleccionadas en las Unidades de infantería ligero-protectoras.

Respecto del alcance, este trabajo aborda el estudio de los sistemas de mando y control del campo de batalla dentro del marco de una Pequeña Unidad (PU) del ET, de entidad Sección o Compañía. Se ha llevado a cabo en el Tercio Duque de Alba II de la Legión, IV Bandera Cristo de Lepanto perteneciente a la Comandancia General de Ceuta (COMGECEU).

Como Unidad de extrema vanguardia, su preparación es continua de cara a poder hacer frente a cualquier escenario bélico actual, entre los que destaca el combate en zona urbanizada. Esto se ve reflejado en la participación en jornadas de instrucción y adiestramiento organizadas por la COMGECEU enfocadas a la mejora de las capacidades en este ámbito. Como consecuencia directa, todo lo extraído y aprendido en esta Unidad puede ser perfectamente extrapolable a cualquier Unidad de infantería ligero-protectora del ET.

Por otra parte, a la hora de buscar posibles mejoras a las prestaciones que ofrecen los medios existentes se planteó la posibilidad de investigar sobre medios utilizados en el ámbito civil y su viabilidad de adaptación a las necesidades del ET o bien hacer lo propio con medios ya implementados en nuestro ejército o cualquier otro de funcionamiento y organización similar. Se optó por la segunda opción tras concluir que se trata de una tecnología que se adapta a las especificaciones requeridas en el ámbito militar y que podría garantizar interoperabilidad entre Unidades y ejércitos.

Por último, una vez finalizado el estudio de estos sistemas, se tratará de hacer una propuesta con aquella opción que mejor satisfaga las necesidades identificadas.

2.2. METODOLOGÍA

La metodología planteada para la consecución del objetivo general se articula en cuatro fases, que están ligadas con los objetivos específicos planteados:

Fase 1. Identificación de las necesidades de mando y control de Unidades de infantería ligero-protectoras en zonas urbanizadas. Se basará en la revisión bibliográfica, en la realización de entrevistas y encuestas al personal de la IV Bandera Cristo de Lepanto para la elaboración de matrices de impacto, y en la propia experimentación en la instrucción diaria. Es de vital importancia



sustraer esta información a través del dilatado bagaje del personal de este tipo de Unidades. Sus años de servicio y, sobre todo, su empleo en situaciones reales hace de su opinión un recurso de alto valor.

Fase 2. Identificación de las fortalezas y debilidades que presentan los sistemas de comunicación que se emplean actualmente. Se basará en la revisión bibliográfica, así como en las respuestas obtenidas de las entrevistas/encuestas realizadas a personal con una amplia experiencia y con las lecciones aprendidas durante su manejo diario. Se realizará también una comparativa de las características técnicas de los equipos mediante gráficos *Radar Chart*. La utilización de estos recursos permitirá obtener una visión clara y concisa de los resultados y facilitará la extracción de unas conclusiones útiles para las Unidades.

Fase 3. Estudio de las posibles soluciones que permitan resolver los problemas de comunicación identificados. Se fundamentará en la información recabada en el punto anterior y en el estudio de otros medios existentes en el ET. Se realizará también una comparativa de las características técnicas de los equipos mediante gráficos *Radar Chart*. De la misma manera que en la fase 2, se obtendrán unas conclusiones útiles para las Unidades.

Fase 4. Estudio de la implementación de las soluciones seleccionadas. Se analizará la viabilidad económica, temporal y operativa en base a las características de los sistemas de mando y control finalmente seleccionados, y se determinará la posibilidad de su implementación en las Unidades de infantería ligero-protegidas del ET.

En el presente trabajo, se han utilizado métodos cualitativos y cuantitativos que constituyen un recurso clave para centralizar la información y generar datos para la futura toma de decisiones. Los métodos utilizados con este fin han sido:

- **Entrevista:** El principal objetivo de una entrevista es obtener información de forma oral y personalizada sobre acontecimientos, experiencias u opiniones de personas (Folgueiras Bertomeu, 2019). Se trata de una herramienta muy útil, ya que va dirigida a las personas que realmente se considera que pueden hacer un aporte más significativo.

Se ha entrevistado al Coronel de Transmisiones, Diplomado de Estado Mayor (DEM), Don Julián Iranzo Collado, en situación militar de retirado y actualmente director de desarrollo de negocio de la empresa RF Española y al teniente de infantería Don Salvador Padilla Rascón destinado en el Tercio Duque de Alba II de La Legión.

- **Encuesta:** El principal objetivo de las encuestas es conocer la opinión sobre el tema propuesto del mayor número de personas con conocimientos sobre ello (QuestionPro, 2017). La encuesta se ha realizado con la herramienta gratuita *Google Forms* y ha tenido como destinatarios componentes de la IV Bandera Cristo de Lepanto que tengan bajo su mando una Unidad de entidad pelotón, sección o compañía. Además, se ha exigido un grado mínimo de formación y conocimientos en combate en zona urbanizada, habiendo personal que incluso ha desempeñado cursos en la industria civil en su tiempo libre.

La encuesta se divide en preguntas orientadas a la identificación del puesto táctico y formación, otras cuya finalidad es identificar los factores por los que los medios de mando y control actuales se consideran poco eficaces y, por último, las encaminadas a determinar las características técnicas que deberían tener los equipos para satisfacer las necesidades del mando.

- **Radar Chart:** El *Radar Chart* o gráfico radial, es una herramienta que permite comparar y medir datos con un número cualquiera de variables (Qlik, 2018). Esto es útil cuando se comparan las características o el rendimiento de algo sobre varias métricas. En este caso, ha jugado un papel muy importante a la hora de comparar los medios ya existentes con los propuestos en este trabajo.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

De entre todas las capacidades necesarias para ejercer el mando de un grupo de personas, una de las más importantes es la capacidad de liderazgo (Escuela Europea de Excelencia, 2015). Hay diversas opiniones sobre la figura del líder; unos dicen que los líderes se forjan, otros que se tiene que nacer con ese atributo, pero lo que está claro es que solo el entorno y una situación real podrán dictaminar quien es un verdadero líder. La capacidad de tomar decisiones en momentos difíciles, el buen criterio, la intuición y la confianza en sí mismo son algunas de las características que harán que el resto de las personas le sigan.

De entre todos los ámbitos en los que existe la figura del líder, es seguro que cobra una importancia de mucho mayor calibre en el ámbito castrense. El hecho de tener que tomar decisiones que pueden generar consecuencias directas hasta en la propia vida de los subordinados hace que el esfuerzo y la dedicación que se imprime en su formación sea la máxima posible. No obstante, de nada sirve tener una buena capacidad de liderazgo y ser un verdadero líder si no se puede ejercer como tal. Es aquí donde los métodos y los medios de mando y control comienzan a jugar un papel de vital importancia (MADOC, 1998).

A lo largo de los tiempos, los seres humanos han ideado estrategias para facilitar la transmisión de un mensaje y llegar al mutuo acuerdo entre una o varias personas. Desde las señales de humo pasando por el correo, la imprenta, las fotografías o la radio hasta llegar a las tecnologías de la información actuales.

En el ámbito militar, el empleo de sistemas de comunicación tuvo su origen en la 1^a Guerra Mundial con el uso del telégrafo y el código morse. Después, hasta el final de la 2^a Guerra Mundial las comunicaciones de voz analógica se desarrollaron ampliamente y mejoraron su fiabilidad. A continuación, a partir la década de los 80, los esfuerzos se centraron en mejorar la seguridad de las comunicaciones y en su digitalización e integración con los sistemas de mando y control.

En el caso de España, la industria no ha tenido recursos para desarrollar equipos de radio militares. Debido a ello, el ET ha tenido que adquirir sistemas de comunicaciones fabricados por empresas extranjeras. Se supone que existen informes que comparan diferentes sistemas de mando y control, ya que el proceso de adquisición de un sistema de este tipo lleva consigo un análisis comparativo de los que en ese momento existen en el mercado, pero debido a su confidencialidad no se ha tenido acceso a ninguno de ellos.

Uno de los primeros equipos que adquirió el ET en la década de los 70 fue el AN/PRC-77 (*Army Navy / Portable Radio Communication*) de origen norteamericano. Este equipo aseguraba buenas comunicaciones, pero no tenía ninguna protección frente a las acciones de guerra electrónica (EW) enemigas. No fue hasta la década de los 90, con la evolución tecnológica, cuando fue sustituida por la radio PR4G de origen francés. Ésta incorpora técnicas como el salto de frecuencia y el cifrado de las comunicaciones para hacer frente a las acciones de EW. Desde 1992, España ha adquirido unas 12.000 radios de este tipo.

Con la participación de España en misiones internacionales, se apreció la necesidad de dotar a los combatientes de un equipo de radio que permitiera el mando y control a nivel intrapelotón. Como los equipos anteriormente mencionados no eran aptos para esta función, se adquirieron la PNR-500 de origen israelí y la SPEARNET de origen norteamericano.

Con objeto de resolver los problemas de interoperabilidad ocasionados por la coexistencia de diferentes equipos de distintos fabricantes y abaratar los costes de producción, la evolución tecnológica ha permitido dar un paso más en la modernización de los equipos de radio. De esta forma han aparecido las radios SDR (*Software Defined Radio*), es decir, radios definidas por software.

Independientemente del equipo utilizado dentro del campo de batalla, éste debe asegurar la comunicación y la coordinación, ya que son los dos ejes centrales para conseguir los objetivos propuestos. Estos dos aspectos han sido desde siempre los quebraderos de cabeza de algunos



de los mejores líderes militares. La pérdida del enlace en el campo de batalla puede suponer una dura derrota que puede costar vidas humanas, como por ejemplo pasó en Afganistán en 2008 cuando una emboscada de los talibanes contra un convoy francés en la provincia de Kabul causó 10 soldados muertos y 21 heridos. El combate se desarrolló durante casi un día, tiempo durante el cual los soldados franceses perdieron el enlace con la Base y no pudieron pedir apoyo (Agencias, 2008).

Con el paso del tiempo y los cambios en la naturaleza de los conflictos, se han ido perfeccionando los medios de mando y control de las Unidades. Aun así, y a pesar del nacimiento de nuevas tecnologías, este tema continúa teniendo una gran complejidad hasta el punto de seguir manteniéndose como uno de los principales problemas que abordar y solucionar de cara a los enfrentamientos actuales y futuros.



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MANDO Y CONTROL DE UNIDADES LIGERO-PROTEGIDAS EN ZONAS URBANIZADAS

De la entrevista realizada en septiembre de 2021 al Tte. D. Salvador Padilla Rascón (ver Anexo I), se puede concluir que en una misión de protección con características similares a las que desempeñó en las ciudades iraquíes de Besmayah y Bagdad, se pueden necesitar tres sistemas de enlace diferentes: equipos de radio en HF¹ para enlaces de larga distancia con el PC, equipos de radio en VHF² o UHF³ para enlaces internos entre los componentes de la Unidad que ejecuta una misión y equipos de radio de enlace satelital como sistema de emergencia. En ninguno de estos casos, los medios actualmente en dotación han sido utilizados. Esto evidencia que no reúnen las características técnicas para ejercer el mando y control con plenas garantías.

Por su parte, la encuesta realizada al personal de la IV Bandera Cristo de Lepanto (ver Anexo II), tiene como objetivo determinar la influencia de diversos factores que pueden llegar a producir la pérdida del mando y control de las Unidades ligero-protegidas en zonas urbanizadas. Además, busca concretar las características de los medios ya existentes que necesitan una mejora para reducir al mínimo dicha pérdida. La encuesta ha sido realizada por 3 jefes de compañía, 10 jefes de sección y 18 jefes de pelotón. La excelente formación adquirida y su experiencia en el ejercicio del mando durante años, hace de la información obtenida un recurso valioso para su análisis.

La encuesta está diseñada para comenzar indicando qué puesto táctico ocupa profesionalmente el encuestado y si ha adquirido algún tipo de formación específica en combate en zonas urbanizadas. Otro aspecto por el que se pregunta es el de si ha participado en alguna misión internacional. La presencia y la instrucción en escenarios muy diversos, así como el posible aprendizaje de TTP de otros ejércitos aliados, se constituyen como experiencia y conocimientos con una gran utilidad.

Todos los encuestados han adquirido formación en combate urbano tanto en sus respectivas academias de formación como en sus Unidades de destino. Es importante destacar que 8 de ellos han realizado cursos o jornadas de formación en la industria civil para mejorar su formación en combate en zonas urbanizadas. Por otro lado, 5 de ellos han participado en misiones internacionales con presencia de escenarios urbanizados en Bosnia, Afganistán, Líbano e Irak entre 2002 y 2020.

Una vez finalizadas estas primeras preguntas que tienen como finalidad identificar el perfil del encuestado y determinar su grado de formación, la encuesta continúa con dos preguntas de tipo matriz que abordan directamente el objetivo principal.

En primer lugar, el encuestado tiene que dar un valor del 1 al 5 a diferentes factores que en su opinión tienen menor (puntuados con un 1) o mayor (puntuados con un 5) influencia en la pérdida del mando y control de una Unidad de infantería ligero-protegida. Las opciones ofrecidas son: fallo en los medios transmisión, falta de adaptación de los medios de transmisiones al entorno urbano, disgragación de la Unidad, pérdida de enlace visual, falta de instrucción individual y falta de flujo de información en sentido ascendente y/o descendente.

¹ High Frequency, que va de 3 a 30 MHz

² Very High Frequency, que va de 30 a 300 Mhz

³ Ultra High Frequency, que va de 300 a 3000 Mhz



Tabla 1 Valoración de los JCia y JSc de los factores que influyen en la pérdida del mando y control

Fuente: Elaboración propia

	JEFE DE COMPAÑÍA			MEDIA JEFE CIA.	JEFE DE SECCIÓN										MEDIA JEFE SCC
	1	2	3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fallo en los medios de transmisión	5	4	4	4,33	4	3	2	4	5	3	4	5	3	4	3,70
Falta de adaptación de los medios de transmisiones al entorno urbano	5	5	4	4,67	4	2	3	4	5	4	4	5	4	4	3,90
Disgregación de la Unidad	4	3	4	3,67	2	5	3	3	4	2	4	3	2	3	3,10
Pérdida de enlace visual	3	4	3	3,33	3	3	2	1	3	4	3	2	3	2	2,60
Falta de instrucción individual	3	3	3	3,00	1	2	1	2	1	3	2	2	1	2	1,70
Falta de flujo de información en sentido ascendente y/o descendente	3	2	3	2,67	1	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1,50

Tabla 2 Valoración de los JPN de los factores que influyen en la pérdida del mando y control

Fuente: Elaboración propia

	JEFE DE PELOTÓN																		MEDIA JEFE PN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Fallo en los medios de transmisión	4	3	3	5	3	3	4	2	4	3	3	1	3	3	3	4	2	3	3,11
Falta de adaptación de los medios de transmisiones al entorno urbano	4	3	5	3	4	5	4	5	3	4	5	3	2	4	5	5	4	2	3,89
Disgregación de la Unidad	3	4	3	4	2	3	2	3	3	4	3	2	4	3	2	3	4	3	3,06
Pérdida de enlace visual	1	3	2	3	4	1	3	4	1	2	4	2	2	4	2	1	2	3	2,44
Falta de instrucción individual	3	3	3	1	2	1	2	2	2	1	3	2	2	3	1	2	2	3	2,11
Falta de flujo de información en sentido ascendente y/o descendente	2	4	3	2	1	3	1	2	3	2	3	2	1	4	2	3	3	1	2,33



Tabla 3 Comparativa global de las valoraciones

Fuente: Elaboración propia

	MEDIA JEFE CIA.	MEDIA JEFE SCC	MEDIA JEFE PN	MEDIA TOTAL
Fallo en los medios de transmisión	4,33	3,70	3,11	3,71
Falta de adaptación de los medios de transmisiones al entorno urbano	4,67	3,90	3,89	4,15
Disgregación de la Unidad	3,67	3,10	3,06	3,27
Pérdida de enlace visual	3,33	2,60	2,44	2,79
Falta de instrucción individual	3,00	1,70	2,11	2,27
Falta de flujo de información en sentido ascendente y/o descendente	2,67	1,50	2,33	2,17

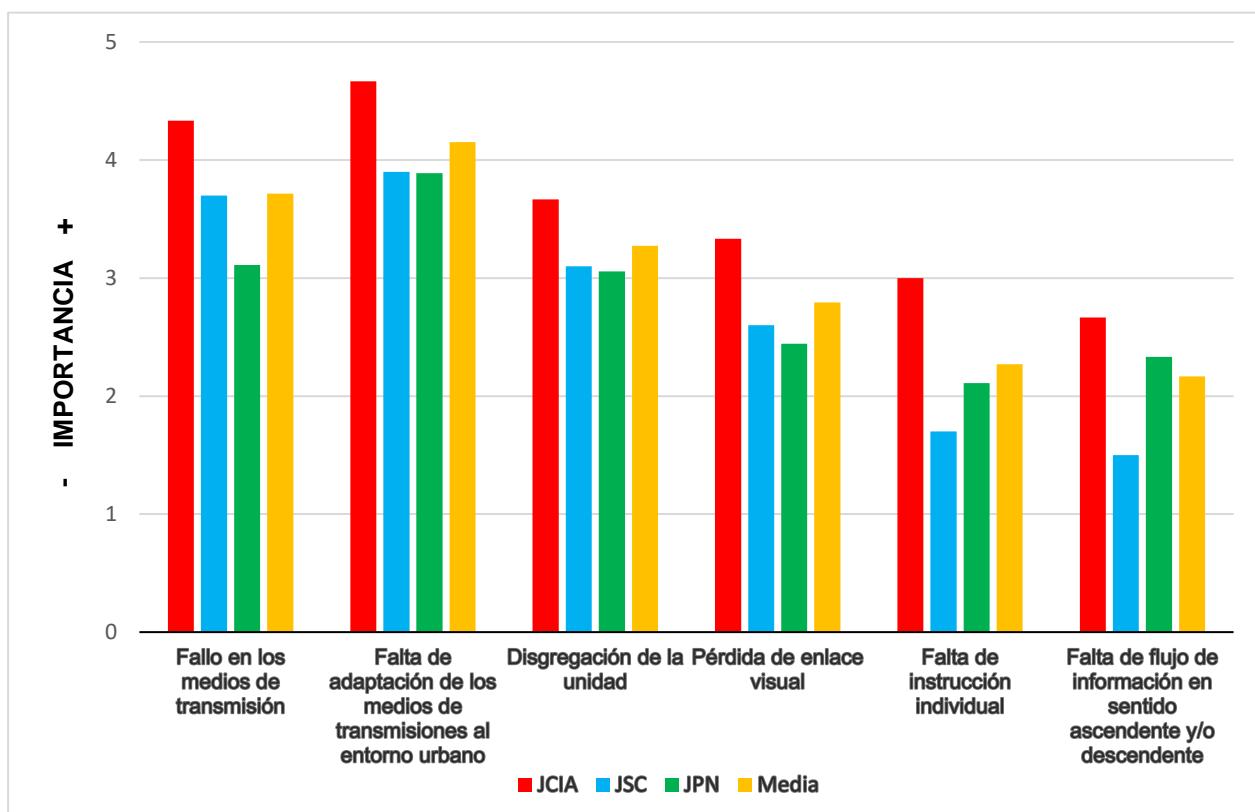


Figura 1 Gráfico de resultados de las encuestas sobre factores que influyen en la pérdida de mando y control

Fuente: Elaboración propia



En las *tablas 1, 2 y 3*, se ha agrupado la información obtenida en función de la entidad que manda el encuestado. Se puede apreciar la puntuación asignada a cada factor, otorgándole un color a cada valor para ser más fácilmente identificable visualmente. En la *figura 1*, se muestran los resultados de la *tabla 3* en forma de gráfico.

Como se puede observar en esta figura, del análisis de la pregunta sobre los factores que influyen en la pérdida del mando y control, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Observando la puntuación obtenida, se deduce que los factores considerados como más influyentes en la pérdida del mando y control son la falta de adaptación de los medios de transmisiones y el fallo en los medios de transmisión. Esto evidencia la necesidad de mejora de los sistemas de los que disponen las Unidades actualmente. La constitución de las zonas urbanizadas como el ambiente de conflicto más probable en el futuro hace que adaptar los medios y minimizar sus errores en este ambiente sea la mayor prioridad.
- La disgregación de la Unidad y la pérdida de enlace visual ocupan el tercer y cuarto puesto, respectivamente. Teniendo en cuenta que son dos de las características principales del combate en zonas urbanizadas, los nuevos medios de transmisiones o las mejoras encaminadas a los ya existentes deben implementar funcionalidades que puedan hacer frente a estos dos problemas.
- La falta de instrucción individual y la falta de flujo de información en sentido ascendente y/o descendente ocupan los últimos puestos en la escala de influencia. Es lógico que factores que dependen de la calidad del ejercicio del mando y de la implicación humana no se consideren como muy influyentes ya que no se conciben errores de esta índole.

Una vez valorados los factores que tienen influencia en la pérdida del mando y control de Unidades ligero-protegidas en combate en zonas urbanizadas, la siguiente pregunta aborda la menor o mayor importancia que tendrían ciertas características técnicas de cara a la mejora de los sistemas de mando y control otorgándoles de la misma manera una puntuación del 1 (menor importancia) al 5 (mayor importancia).

Tabla 4 Valoración de los JCia y JSc de las características técnicas de los medios de enlace

Fuente: Elaboración propia

	JEFE DE COMPAÑÍA			MEDIA JEFE CIA.	JEFE DE SECCIÓN										MEDIA JEFE SCC
	1	2	3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Facilidad de operación	3	3	3	3,00	5	4	3	3	1	2	2	4	2	3	2,90
Integración del medio de transmisión con el equipo de combate	2	3	2	2,33	2	4	5	4	3	2	2	3	2	3	3,00
Mayor capacidad de transmisión de datos para el envío de imágenes	3	5	3	3,67	3	4	3	4	4	5	1	3	2	4	3,30
Capacidad de geolocalización en tiempo real	4	5	4	4,33	5	4	2	3	4	3	5	3	4	4	3,70
Interoperabilidad con otros medios de transmisiones	4	3	3	3,33	5	2	4	4	1	3	2	3	4	4	3,20
Capacidad de instalación de repetidores	3	2	2	2,33	4	4	3	5	2	3	1	2	1	3	2,80



Tabla 5 Valoración de los JPn de las características técnicas de los medios de enlace

Fuente: Elaboración propia

	JEFE DE PELOTÓN																		MEDIA JEFE PN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Facilidad de operación	3	3	2	3	3	4	2	3	4	4	2	2	3	2	2	3	4	3	2,89
Integración del medio de transmisión con el equipo de combate	4	3	3	2	5	4	4	3	3	2	3	2	4	4	2	3	4	3	3,22
Mayor capacidad de transmisión de datos para el envío de imágenes	3	4	3	3	5	4	5	3	4	3	3	2	2	4	3	3	2	4	3,33
Capacidad de geolocalización en tiempo real	5	5	3	3	2	3	2	4	3	3	4	4	5	3	5	4	3	4	3,61
Interoperabilidad con otros medios de transmisiones	4	3	3	5	2	4	2	2	3	4	2	3	3	2	1	4	3	4	3,00
Capacidad de instalación de repetidores	4	3	4	2	1	3	2	4	1	3	1	2	3	1	4	2	1	3	2,44

Tabla 6 Comparativa global de las valoraciones

Fuente: Elaboración propia

	MEDIA JEFE CIA.	MEDIA JEFE SCC	MEDIA JEFE PN	MEDIA TOTAL
Facilidad de operación	3,00	2,90	2,89	2,93
Integración del medio de transmisión con el equipo de combate	2,33	3,00	3,22	2,85
Mayor capacidad de transmisión de datos para el envío de imágenes	3,67	3,30	3,33	3,43
Capacidad de geolocalización en tiempo real	4,33	3,70	3,61	3,88
Interoperabilidad con otros medios de transmisiones	3,33	3,20	3,00	3,18
Capacidad de instalación de repetidores	2,33	2,80	2,44	2,53

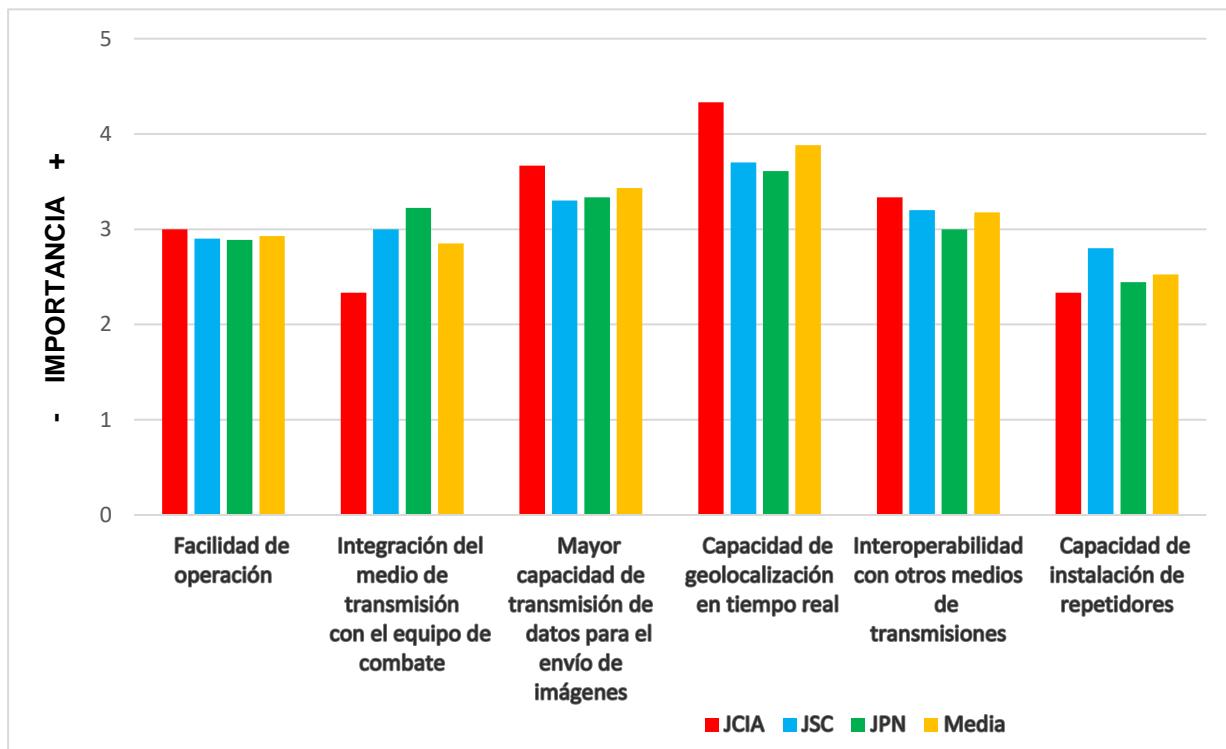


Figura 2 Gráfico de resultados de las encuestas sobre las características para la mejora de los sistemas de mando y control

Fuente: Elaboración propia

En las *tablas 4, 5 y 6*, se ha agrupado la información obtenida en función de la entidad que manda el encuestado. Se puede apreciar la puntuación asignada a cada factor, otorgándole un color a cada valor para ser más fácilmente identificable visualmente. En la *figura 2*, se muestran los resultados de la *tabla 6* en forma de gráfico.

Como se puede observar en esta figura, del análisis de la pregunta sobre los factores que influyen en la pérdida del mando y control, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La capacidad de geolocalización en tiempo real es la característica más demandada por los encuestados. Ejercer el mando es una tarea difícil si no se tienen los conocimientos o la preparación necesaria, pero es imposible si no se tiene información en todo momento del emplazamiento de las Unidades. Es por esto por lo que los mandos encuestados, al ser conscientes de esto, la han elegido como prioritaria.
- En segundo lugar, se encuentra la mayor capacidad de transmisión de datos para el envío de imágenes. Con esta característica implementada, la toma de decisiones será mucho más rápida y precisa, que se traduce en un aumento considerable de la eficacia de la Unidad.
- La capacidad de funcionar como repetidor y la interoperabilidad con otros medios de transmisiones ocupan el tercer y cuarto puesto, respectivamente. Ambas características tienen un objetivo claro: asegurar y mantener el enlace durante el transcurso de la maniobra.
- La facilidad de operación y la integración del medio de transmisión con el equipo de combate ocupan los últimos puestos. Estas medidas están encaminadas al combatiente. Aunque sean importantes, los mandos han considerado que deben visualizarse en un segundo plano y focalizarse en las características comentadas anteriormente.

Finalmente, la experiencia propia adquirida en los años de formación en la Academia General Militar (AGM), en las prácticas de mando realizadas en la IV Bandera Cristo de Lepanto y en estos



últimos meses en la Academia de Infantería, me permiten tener mi propio criterio en cuanto a las necesidades que como mando de una Unidad ligero-protégida en el combate en un entorno urbano desearía tener satisfechas. Son las siguientes:

- Mantener el enlace en todo momento: Imprescindible para ejercer el mando y para recibir información. Además, sentir que se está enlazado influye positivamente en la moral del combatiente.
- Tener localizados a todos los combatientes: Necesario para no perder el control de los efectivos, para que no se queden aislados y para prestarles el apoyo que demanden. También facilitará hacer frente a cambios de situación durante el combate.
- Recibir información para facilitar la toma de decisiones: Facilita el ejercicio del mando y la toma de decisiones. Cuando se entra en combate, es fácil que la situación vaya cambiando y la falta de información dificulta tomar las decisiones correctas. La información necesaria se puede recibir de muy diversas formas; lo normal será recibirlas por voz, pero también sería de gran utilidad recibirla en forma de imágenes.

4.2. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN QUE SE EMPLEAN ACTUALMENTE EN LAS UNIDADES LIGERO-PROTEGIDAS

4.2.1. Criterios técnicos para elegir un sistema de comunicación

Para satisfacer las necesidades de enlace del mando se necesita disponer de medios de transmisión adecuados. Una vez comenzado el combate se perderá, en muchas ocasiones, el enlace visual entre los combatientes y el procedimiento de mayor utilidad para no perder la comunicación entre un mando y sus subordinados será la utilización de equipos de radio con las características técnicas adecuadas a la situación.

Desde un punto de vista técnico, según Iranzo Collado (octubre 2021) para la elección de los equipos de radio necesarios para materializar el enlace en población cabe destacar:

A. Margen de frecuencias.

La frecuencia de enlace influye de manera importante en la capacidad de superar obstáculos. En el combate en población, los edificios constituyen un verdadero problema para el mantenimiento del enlace.

En una transmisión de radio, la capacidad de superación de obstáculos depende, entre otros factores, de la longitud de la onda transmitida, que es igual a la velocidad de la luz dividida por la frecuencia de enlace. Es decir, conforme aumenta la frecuencia, disminuye la longitud de onda y con ello disminuye su capacidad de superar obstáculos.

Otro problema que se presenta con la frecuencia de enlace es que la atenuación⁴ que sufren las ondas de radio aumenta al incrementarse la frecuencia. Esto se traduce en que, en igualdad de condiciones, el alcance de una comunicación de radio es menor a frecuencias elevadas que a frecuencias más bajas.

Puesto que las frecuencias altas tienen mayor problema de superar obstáculos y menor alcance radio, ¿por qué no utilizar frecuencias bajas de enlace en los equipos radio de combate en población?

La respuesta la encontramos en el diseño de los equipos de radio ya que la frecuencia y la potencia necesaria para mantener un enlace influyen en el tamaño de dichos equipos. Un combatiente de primera línea tiene que llevar un equipo de radio ligero, con lo cual habrán de utilizarse frecuencias altas y potencias bajas.

⁴ **Fórmula de la atenuación en espacio libre.** $A (\text{db}) = 32,5 + 20 \log D + 20 \log F$
D = distancia en km, F = frecuencia de enlace en MHz



B. Localización.

La localización de los combatientes es también un aspecto deseable para el mando por múltiples factores. El procedimiento de localización más fiable es la utilización de un sistema comercial que ofrezca tal servicio. En el mundo occidental, lo habitual será usar el sistema *Global Positioning System* (GPS), un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) creado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos (EEUU). Su funcionamiento está basado en la recepción y procesamiento de las informaciones emitidas por una constelación de 24 satélites conocida como NAVSTAR, ubicados en diferentes órbitas a unos 20.000 km por encima de la superficie terrestre. A todo el que cuente con un receptor GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta.

También se suele utilizar el sistema Galileo, que ha sido desarrollado por la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea (ESA). Sin embargo, aunque su precisión es mayor que la del sistema GPS, actualmente la mayoría de los equipos de radio incorporan este último.

Existen otros dos sistemas GNSS operativos que son el GLONASS operado por el Ministerio de Defensa de la Federación Rusa y el BeiDou operado por el Gobierno Chino. Por cuestiones de seguridad, estos sistemas no se utilizan en equipos de radio militares de países occidentales (Montealegre Gracia, García Martín and Lamelas, 2021).

No parece necesario que el equipo de radio lleve incorporado un dispositivo GPS de localización, pero sí que es imprescindible que, sea cual sea el dispositivo, este esté integrado con el equipo de radio para la transmisión de la localización. Evidentemente, lo mejor sería que el equipo de radio ya lo llevara incorporado.

C. Alcance.

El alcance o distancia a la que pueden enlazar dos equipos de radio depende de factores que son difíciles de cuantificar. Algunos fabricantes indican que el alcance de una comunicación radio con sus equipos casi nunca será un dato fiable. De hecho, hay fabricantes que ni siquiera indican el alcance de sus equipos.

El caso más fiable sería el de una comunicación en el espacio libre, sin obstáculos y con visión directa entre transmisor y receptor. Como se mencionó en el apartado “A. Margen de frecuencias”, en ese caso sí que se puede determinar la atenuación de la señal en función de la distancia y la frecuencia y, por lo tanto, predecir el alcance.

En el caso de la existencia de obstáculos, la atenuación será mayor. Y en un entorno urbano, que es el caso más desfavorable, la presencia de edificios producirá grandes atenuaciones en la señal.

En consecuencia, los datos de alcance dados por los fabricantes deben ser tomados como datos en condiciones ideales, que difícilmente se van a dar en un entorno urbano. En este entorno, los alcances siempre serán menores que los dados.

D. Capacidad de transmisión de datos.

Además del normal enlace de voz que ofrecen los equipos de radio, en el combate moderno se plantea la necesidad de transmitir información en forma de imágenes.

Técnicamente, transmitir imágenes es una transmisión de datos. Aunque la mayoría de los equipos de radio actuales admiten la transmisión de datos, no todos tienen la misma capacidad. El volumen de datos a transmitir varía según la imagen. No es lo mismo enviar una fotografía que una imagen en directo, ya que transmitir esta última supone transmitir un mayor volumen de datos que en el caso de una fotografía.

En consecuencia, si lo que se desea es transmitir imágenes en directo, es decir, lo que está observando el combatiente, el equipo de radio necesita tener una alta capacidad de transmisión de datos.



Según el teorema de Shannon-Hartley⁵, la capacidad del canal de radio en bits por segundo (bps) es directamente proporcional al ancho de banda del canal en hertzios. En consecuencia, los equipos de radio con un mayor ancho de banda del canal tienen mayor capacidad de transmisión de datos.

E. Protección frente a acciones de EW del enemigo.

En el estudio que se realice sobre el enemigo, es importante determinar si este tiene capacidad para llevar a cabo acciones de EW contra las comunicaciones propias.

Las acciones más comunes que podría llevar a cabo serían la interceptación de las comunicaciones (escucha), la localización de los equipos de radio que portemos, mediante técnicas radiogoniométricas, o la perturbación de las comunicaciones para impedir o dificultar el enlace.

Para protegerse contra las acciones de EW, las medidas más eficaces son el cifrado de las comunicaciones y la utilización de equipos de radio que incorporen técnicas de espectro ensanchado, como puede ser el salto de frecuencia.

Casi todos los equipos de radio utilizan para cifrar sus comunicaciones el algoritmo público *Advanced Encryption Standard* (AES) 256. Es un algoritmo simétrico de cifrado por bloques que utiliza una clave de 256 bits, la misma para cifrar y descifrar, lo que le ofrece una alta seguridad.

En el AES 256, el transmisor divide el mensaje en claro a transmitir en bloques de bits de una longitud fija. Cada bloque se somete a una serie de operaciones matemáticas, en combinación con la clave de cifrado utilizada, obteniéndose el mensaje cifrado, que es el que se transmite. En el receptor, el mensaje cifrado recibido se somete a las mismas operaciones matemáticas, pero en sentido inverso y utilizando la misma clave de cifrado, obteniéndose el texto en claro.

Algunos equipos de radio, además de utilizar un algoritmo público, incorporan también algoritmos de cifrado propietarios desarrollados por el propio fabricante, como es el caso del algoritmo CITADEL 256 de los equipos de HARRIS o del PR4G de THALES.

Otra técnica de protección de las comunicaciones frente a las acciones de EW enemigas utilizada por los equipos modernos de radio es el salto de frecuencia. Los equipos que incorporan esta técnica, además de trabajar en frecuencia fija, manteniendo la misma frecuencia durante una comunicación, pueden trabajar en salto de frecuencia, de tal forma que durante una comunicación la frecuencia puede variar hasta cientos de veces por segundo.

F. Ligereza del equipo e integración con el equipo de combate.

Es necesario que el equipo de radio que lleve consigo un combatiente de primera línea sea lo más ligero posible y que esté plenamente integrado con el equipo de combate.

4.2.2. Equipos de radio actualmente en dotación

El mando y control es el ejercicio de la autoridad y la conducción y seguimiento de un mando sobre las fuerzas que le han sido asignadas para el cumplimiento de una misión. El mando y control se ejerce a través de un sistema de mando y control, más o menos complejo en función del nivel operativo que se trate. En el caso de Unidades de infantería ligero-protectoras, el sistema de mando y control se reducirá en la mayor parte de las ocasiones a equipos de radio que permitan mantener el enlace entre un mando y sus subordinados, y ordenadores para el tratamiento de la información.

Los equipos de radio que se utilicen deben asegurar el enlace entre todos los componentes de una Unidad y en ambos sentidos de la comunicación, nadie debe quedar incomunicado. En un sentido, la transmisión de órdenes e instrucciones de un mando hacia los componentes de su Unidad, y en el otro, de los miembros de una Unidad hacia sus mandos transmitiendo información que facilite la toma de decisiones. Todo ello en tiempo real.

⁵ **Teorema de Shannon-Hartley.** $C = B \log_2 (1+S/N)$

C = la capacidad del canal (bps), B = ancho de banda (Hz), S/N = relación señal ruido en el canal



En Unidades de infantería ligero-protegidas, los problemas de enlace se presentan en las comunicaciones entre un jefe de pelotón y los miembros del pelotón y entre un jefe de sección y los jefes de pelotón. Menos problemas se presentarán para el enlace entre los jefes de sección y el jefe de la compañía, ya que los medios de comunicaciones tendrán características técnicas diferentes a los empleados a niveles más bajos (diferente margen de frecuencias, mayor potencia de la transmisión, etc.)

Actualmente, las Unidades ligero-protegidas del Ejército de Tierra tienen en dotación alguno de los siguientes equipos de radio: PR4G, PNR-500 y SPEARNET. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- **PR4G**

Fabricada por la empresa francesa THALES, es un equipo de radio (ver *figura 3*) que trabaja en el rango de frecuencias VHF, en el margen de 30 a 88 Mhz, lo que le permite salvar obstáculos del terreno, incluso en ambiente urbano, con cierta facilidad.

Puede ser configurado para su uso como portátil o instalado en vehículo. Es este último caso, se le acopla un amplificador para que tenga una mayor potencia y en consecuencia un mayor alcance.

No tiene integrado un sistema de localización, con lo que no se puede saber dónde se encuentra cada uno los equipos.

Además de la transmisión de voz, permite la transmisión de datos a baja velocidad (19,2 kilobits por segundo (kbps)). Esto impide la transmisión de imágenes en directo, debido al volumen tan grande de datos a transmitir.

Si que incorpora técnicas de protección contra las posibles acciones de EW enemigas, como son el salto de frecuencia (puede cambiar la frecuencia de trabajo varios cientos de veces por segundo) y el cifrado de las comunicaciones, incorporando un algoritmo de cifrado propietario de THALES.

Es uno de los principales medios de transmisión de dotación en las Unidades del ET, empleándose principalmente en las redes VHF de las Grandes Unidades y hasta nivel Sección en las Pequeñas Unidades. El ET cuenta con unos 9000 equipos que están en servicio desde 1992 en la práctica totalidad de las Unidades (MADOC, 2016).

En la *tabla 7* se muestran de forma resumida las características técnicas de este equipo.



Figura 3 PR4G V3

(Google Imágenes, no date c)

Tabla 7 Características técnicas PR4G V3

Fuente:(Ejército de Tierra, 2012b)

	PR4G
Margen de frecuencias (MHz)	VHF: 30-88
Potencia (W)	Portátil: 0,5; 5 y 10 Vehicular: 0,28; 5 y 50
Alcance (km)	Portátil: 6-8 Vehicular: 20-25
Sistema de localización	NO
Transmisión de datos	19,2 kbps
Protección contra acciones de EW	Salto de frecuencias Cifrado: Thales
Dimensiones (cm)	40x30x10 (Con batería)
Peso (kg)	10,5 (Con batería)



- **PNR-500**

Fabricada por la empresa israelí Elbit Systems, es un equipo de radio (ver *figura 4*) que trabaja en el rango de frecuencias UHF, en el margen de 380 a 430 Mhz. En este margen de frecuencias, los equipos ya empiezan a tener cierta dificultad para superar obstáculos, especialmente en entornos urbanos. Además, el problema se ve agravado debido a la poca potencia con la que trabaja el equipo, de tan solo 0,25 W.

Tiene integrado un sistema de localización, con lo que no se puede saber dónde se encuentra cada uno los equipos. Utiliza el sistema GPS.

Además de la transmisión de voz, permite la transmisión de datos a baja velocidad (no se han encontrado datos exactos). Esto impide la transmisión de imágenes en directo, debido al volumen tan grande de datos a transmitir.

Como técnica de protección contra las posibles acciones de EW enemigas, incorpora para el cifrado de las comunicaciones el algoritmo AES 256. Sin embargo, al trabajar en frecuencia fija, es vulnerable a la radiolocalización y a la perturbación.

Las dimensiones y el peso del equipo le hacen apto para ser empleado como equipo individual de comunicaciones del combatiente.

Se emplea principalmente para los enlaces entre los jefes de pelotón y los miembros de su pelotón. El Ejército de Tierra cuenta con unos 4500 equipos, que funcionan bastante mal, siendo habitual que las propias Unidades adquieran walkie-talkies para trabajar con ellos.

Las PNR-500 están desde aproximadamente el año 2005 en todas las Brigadas. En la actualidad están muy poco operativas y se tiene constancia de que en Zona de Operaciones (ZO) no han dado el resultado esperado (MADOC, 2010).

En la *tabla 8* se muestran de forma resumida las características técnicas de este equipo.



Figura 4 PNR-500

Tabla 8 Características técnicas PNR-500

Fuente:(Ejército de Tierra, 2012a)

PNR-500	
Margen de frecuencias (MHz)	UHF: 380-430
Potencia (W)	Portátil: 0,25
Alcance (km)	1
Sistema de localización	GPS
Transmisión de datos	Muy baja capacidad.
Protección contra acciones de EW	Cifrado: AES 256
Dimensiones (cm)	12,8x7,0x5,0 (Sin batería)
Peso (kg)	0,45 (Sin batería)

Fuente: (Google Imágenes, no date b)

- **SPEARNET**

Fabricada por la empresa americana ITT Exelis, es un equipo de radio (ver *figura 5*) que trabaja en el rango de frecuencias UHF, en el margen de 1200 a 1400 Mhz, lo que le plantea serios problemas para superar obstáculos, especialmente en ambiente urbano. Además, el problema se ve agravado debido a la poca potencia con la que trabaja el equipo, de tan solo 0,6 W.



Sin embargo, incorpora una técnica conocida como *Mobile Ad Hoc Network* (MANET), gracias a la cual cualquier equipo se puede convertir de forma automática en repetidor para permitir el enlace con otros que lo hayan perdido, lo que hace difícil que alguno de ellos se quede incomunicado.

Tiene integrado un sistema de localización, con lo que se puede saber dónde se encuentra cada uno los equipos. Utiliza el sistema GPS.

Además de la transmisión de voz, permite la transmisión de datos a alta velocidad (1 Mbps), lo que permite la transmisión de imágenes en directo.

Como técnica de protección contra las posibles acciones de EW enemigas, incorpora para el cifrado de las comunicaciones el algoritmo AES 256. Sin embargo, al trabajar en frecuencia fija, es vulnerable a la radiolocalización y a la perturbación.

Las dimensiones y el peso del equipo le hacen apto para ser empleado como equipo individual de comunicaciones del combatiente.

Se emplea principalmente para los enlaces entre los jefes de sección y los jefes de pelotón. El Ejército de Tierra cuenta con unos 600 - 800 equipos.

La SPEARNET como radio del soldado no ha dado buen resultado. Únicamente se ha vendido a Arabia Saudí y a España. Actualmente, se ha dejado de fabricar ya que no responde bien a las necesidades del combatiente (MADOC, 2017).

En la *tabla 9* se muestran de forma resumida las características técnicas de este equipo.



Figura 5 SPEARNET

Fuente:(Google Imágenes, no date e)

Tabla 9 Características técnicas SPEARNET

Fuente: (Ejército de Tierra, 2012c)

SPEARNET	
Margen de frecuencias (MHz)	UHF: 1200-1400
Potencia (W)	Portátil: 0,6
Alcance (km)	2
Sistema de localización	GPS
Transmisión de datos	1 Mbps
Protección contra acciones de EW	Cifrado: AES 256
Dimensiones (cm)	19,6x7,6x4,75 (Con batería)
Peso (kg)	0,7 (Con batería)

4.2.3. Análisis comparativo de los equipos de radio

Una vez descritas las características técnicas de los principales equipos de radio empleados por las Unidades ligero-protegidas del ET, en la *figura 6* se muestra un análisis comparativo de dichos equipos para determinar sus fortalezas y debilidades y valorar si satisfacen o no las necesidades de enlace de mando y control para el combate en población. A cada una de las características técnicas mostradas en las *tablas 7,8 y 9* se le ha asignado una puntuación de 10 a 0, según el equipo sea mejor o peor en esa característica.

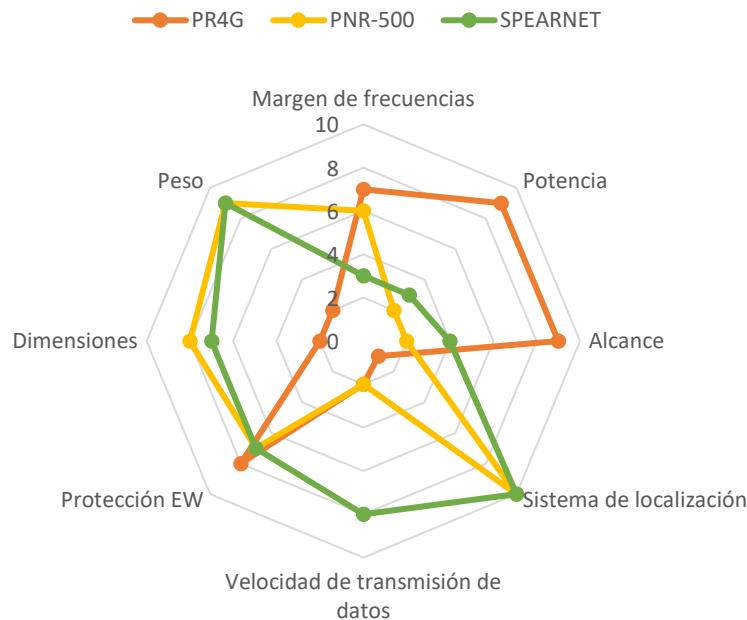


Figura 6 Radar Chart sobre la comparativa de las características técnicas de los equipos PR4G, PNR-500 y SPEARNET

Fuente: Elaboración propia

De la figura 6 se extraen las fortalezas y debilidades de cada equipo que se muestran a continuación en la tabla 10.

Tabla 10 Fortalezas y debilidades de los equipos PR4G, PNR-500 y SPEARNET

Fuente: Elaboración propia

	PR4G	PNR-500	SPEARNET
FORTALEZAS	Margen de frecuencias Potencia Alcance Protección EW	Protección EW Geolocalización Dimensiones Peso	Velocidad transmisión de datos Protección EW Geolocalización Dimensiones Peso
DEBILIDADES	Velocidad transmisión de datos Dimensiones Peso No geolocalización	Velocidad transmisión de datos Margen de frecuencias Potencia Alcance	Margen de frecuencias Potencia Alcance

De los resultados expuestos en la tabla 10, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La PR4G aun teniendo muy buenas fortalezas, presenta debilidades muy importantes como son la baja velocidad de transmisión de datos, la ausencia de un sistema de geolocalización y, sobre todo, sus grandes dimensiones y peso.



- La PNR-500 posee debilidades muy a tener en cuenta como la baja velocidad de transmisión de datos, el margen de frecuencias en el que trabaja que le va a provocar cierta dificultad para superar obstáculos y una potencia muy baja que se ve reflejada en su poco alcance.
- La SPEARNET presenta buenas características en general pero el margen de frecuencias en el que trabaja hace de ejercer el mando y control de la Unidad una tarea muy difícil en entorno urbano ya que tiene serias dificultades para superar obstáculos. Además, tiene una potencia muy baja que se ve reflejada en su poco alcance

De acuerdo con ello, se puede concluir que ninguno de los equipos de radio analizados satisface completamente las necesidades de mando y control de las Unidades ligero-protégidas del Ejército de Tierra.

4.3 VALORACIÓN DE OTROS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN ALTERNATIVOS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN IDENTIFICADOS

Los problemas que presentan los equipos analizados en el apartado anterior a los que hay que dar solución son: velocidad de transmisión de datos insuficiente para transmitir vídeo, margen de frecuencias no adecuado para superar obstáculos, potencias muy bajas, poco alcance y carecer de un sistema de geolocalización.

Entre las posibles soluciones encontradas, las que se consideran que podrían satisfacer completamente las necesidades de mando y control de las Unidades ligero-protégidas en entorno urbano son el sistema *Android Team Awareness Kit* (ATAK) utilizado por las Unidades de Operaciones Especiales del Ejército de EEUU, el equipo de radio E-Lynx de ELBIT SYSTEMS y el RF-7850S de HARRIS, ambos actualmente en proceso de adquisición por parte del ET. A continuación, se describen las características técnicas de cada uno de ellos:

- **SISTEMA ATAK**

ATAK es una aplicación informática desarrollada por el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea de EEUU para ser utilizado como sistema de comunicaciones en Unidades de Operaciones Especiales de dicho país. Posteriormente, su utilización se amplió a fuerzas policiales, bomberos, etc.

La aplicación tiene que ser instalada en *smartphones* con sistema operativo *Android*, los cuales utilizaran las redes de telefonía móvil para acceder a servidores de Internet que son los que prestan el servicio.

En España, ATAK es utilizado con éxito en las Unidades de operaciones especiales del ET. Además, sus funcionalidades la hacen, a priori, interesante para su posible utilización por Unidades ligero-protégidas en un entorno urbano.

Antes de utilizar la aplicación, hay que configurar un grupo de usuarios que son los que van a estar en contacto entre si intercambiando información. La información que transmite un usuario es recibida por el resto de los usuarios del grupo, con lo cual todos están informados en todo momento de la situación del conjunto.

Entre las funcionalidades de ATAK, cabe citar las siguientes:

- Permite conocer en tiempo real la situación del resto de miembros del grupo.
- Permite el envío de imágenes en tiempo real.
- Permite acceder a la cámara de otro miembro del grupo.
- Permite marcar sobre un plano digital referencias que serán visibles para todos los miembros del grupo.
- Permite la mensajería entre todos los miembros.



Sin embargo, a pesar de todas las funcionalidades que tiene, que son de mucha utilidad para la ejecución de determinadas acciones militares, presenta importantes desventajas, como son:

- La dependencia de cobertura de alguna red de telefonía móvil. En ZO, siempre va a existir la incertidumbre de la disponibilidad de cobertura móvil para acceder a Internet y conectar con los servidores informáticos que soportan la aplicación.
- Aun suponiendo que haya cobertura móvil, existirá la incertidumbre del estado de servicio de los servidores, ya que estarán ubicados en EEUU y su disponibilidad no dependerá de las Unidades que quieran utilizar el sistema.

En consecuencia, se descarta el sistema ATAK como una solución para satisfacer de forma fiable las necesidades de mando y control en situación de combate en zona de operaciones ya que siempre existirá la incertidumbre de la disponibilidad de cobertura móvil o de que los servidores de la aplicación funcionen correctamente (ATAK, 2021).



Figura 7 Sistema ATAK

Fuente:(ATAK, 2021)



Figura 8 Sistema ATAK

Fuente:(ATAK, 2021)

• *E-Lynx*

Fabricada por la empresa israelí Elbit Systems, es un equipo de radio (ver *figura 9*) que trabaja en un margen de frecuencias que pertenecen tanto al rango de VHF como de UHF. En concreto, trabaja entre 225 y 512 Mhz, teniendo menos dificultades para superar obstáculos en las frecuencias más bajas que en las más altas.

Puede ser configurado para su uso como portátil con una potencia de 5 W. o instalado en vehículo, acoplándosele en este último caso un amplificador de 50 W. para que tenga una mayor potencia y en consecuencia un mayor alcance.

Tiene integrado un sistema de localización, con lo que se puede saber dónde se encuentra cada uno de los equipos. Utiliza el sistema GPS. Además de la transmisión de voz, permite la transmisión de datos a velocidad media (256 Kbps), y con ello la transmisión de imágenes en directo.

Incorpora técnicas de protección contra las posibles acciones de EW enemigas, como son el salto de frecuencia (puede cambiar la frecuencia de trabajo varios cientos de veces por segundo) y el cifrado de las comunicaciones con el algoritmo AES 256.

Las dimensiones y el peso del equipo, en su configuración portátil le hacen apto para ser empleado como equipo individual de comunicaciones del combatiente (Ministerio de Defensa, 2020).



Figura 9 E-Lynx

Fuente:(Google Imágenes, no date a)

Tabla 11 Características técnicas E-Lynx

Fuente:(Ministerio de Defensa, 2020)

E-LYNX	
Margen de frecuencias (MHz)	V/UHF: 225-512
Potencia (W)	Portátil: 5 Vehicular: 50
Alcance (km)	4
Sistema de localización	GPS
Transmisión de datos	256 kbps
Protección contra acciones de EW	Salto de frecuencias Cifrado: AES 256
Dimensiones (cm)	12,0x7,2x2,6 (Sin batería)
Peso (kg)	0,68 (Sin batería)

• RF-7850S

Fabricada por la empresa norteamericana HARRIS, es un equipo de radio (ver figura 10) que trabaja en un margen de frecuencias que pertenecen tanto al rango de VHF como de UHF. En concreto, trabaja entre 225 y 2500 Mhz, teniendo menos dificultades para superar obstáculos en las frecuencias más bajas que en las más altas. La potencia del equipo es de 3,2 W.

Tiene integrado un sistema de localización, con lo que se puede saber dónde se encuentra cada uno los equipos. Utiliza el sistema GPS.

Además de la transmisión de voz, permite la transmisión de datos a muy alta velocidad (2 Mbps), y con ello la transmisión de imágenes en directo.

Incorpora técnicas de protección contra las posibles acciones de EW enemigas, como son el salto de frecuencia (puede cambiar la frecuencia de trabajo varios cientos de veces por segundo) y el cifrado de las comunicaciones mediante uno de los dos algoritmos diferentes que tiene, el AES 256 y el CITADEL, este último propietario de HARRIS.

Las dimensiones y el peso del equipo, en su configuración portátil le hacen apto para ser empleado como equipo individual de comunicaciones del combatiente. Este equipo de radio ha sido probado con éxito por el Mando de Operaciones Especiales del ET, que dispone de 225 Unidades (L3 HARRIS, 2017).



Figura 10 RF-7850S

Fuente:(Google Imágenes, no date d)

Tabla 12 Características técnicas RF-7850S

Fuente:(L3 HARRIS, 2017)

RF-7850S	
Margen de frecuencias (MHz)	V/UHF: 225-2500
Potencia (W)	Portátil: 3,2
Alcance (km)	4
Sistema de localización	GPS
Transmisión de datos	2 Mbps
Protección contra acciones de EW	Salto de frecuencias Cifrado: AES 256 y Citadel
Dimensiones (cm)	9,6x7,5x3 (Sin batería)
Peso (kg)	0,4 (Sin batería)



Tras los resultados obtenidos al analizar las posibles soluciones, una vez descartado el ATAK por las razones expuestas al hablar de dicho sistema, a continuación, en la *figura 11*, se ofrece una comparativa de las características técnicas de la radio E-Lynx con las de la RF-7850S. A cada una de las características técnicas mostradas en las *tablas 11 y 12* se le ha asignado una puntuación de 10 a 0, según que el equipo sea mejor o peor en esa característica.

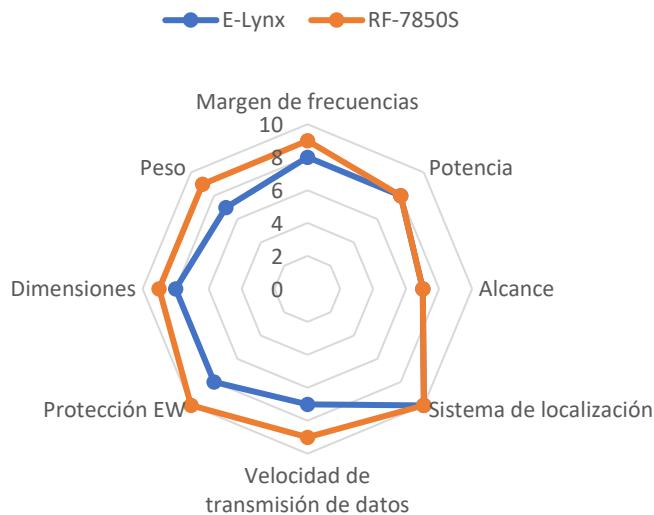


Figura 11 Radar Chart comparativa características técnicas E-Lynx y RF-7850S

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la *figura 11*, se puede extraer la conclusión de que, aunque ambos equipos pueden satisfacer las necesidades de mando y control en Unidades ligero-protegidas en ambiente urbano, la RF-7850S podría satisfacer mejor dichas necesidades ya que posee todas las fortalezas de la E-Lynx además de una muy alta velocidad de transmisión de datos.

En el nivel pelotón, el enlace entre el jefe del pelotón y los componentes de este y el vehículo de combate del pelotón (BMR, TOA, PIZARRO o VCR 8x8 en el futuro) es fundamental, ya que el arma principal del vehículo de combate, sea ametralladora o cañón, será un elemento clave apoyando con el fuego al pelotón desplegado a pie fuera del vehículo en muchos de los escenarios. De esta forma, uno de los elementos fundamentales para definir el alcance de la comunicación, y por tanto la potencia que se necesita en la radio, será la distancia máxima razonable en la que pueden actuar o combatir los componentes del pelotón separados de su vehículo de combate, que lógicamente no debería ser excesiva.

Teniendo en cuenta que las radios de nueva generación para el soldado deberían contar con capacidades MANET (capacidad de hacer de repetidor para otras radios), no sería necesario una gran potencia para garantizar el enlace en las distancias de combate del pelotón y de la sección. Una ventaja añadida si se utilizan bajas potencias, es que se podrán eludir mejor las capacidades de EW del enemigo. De hecho, se puede observar que tanto la E-Lynx como la RF-7850S trabajan con bajas potencias.

Además, con bajas potencias se podrá realizar una mejor gestión del espectro electromagnético, ya que, en una Unidad tipo Brigada, por ejemplo, en las redes de pelotón y sección, se podrán repetir las frecuencias utilizadas en otros Batallones del conjunto del despliegue de la Brigada, lo que dadas las limitaciones de uso del espectro electromagnético es algo a tener en cuenta, ya que no siempre se dispondrá de todas las frecuencias necesarias.

En lo relativo a las frecuencias de trabajo, va a existir un compromiso entre las frecuencias a utilizar, el ancho de banda de canal de los equipos y la velocidad de datos a alcanzar para



determinadas necesidades, como por ejemplo para transmitir imágenes y vídeos del campo de batalla o de determinados objetivos o situaciones. En bandas relativamente bajas de VHF de 30 Mhz a 88 Mhz, el alcance a igualdad de potencia será mayor que en bandas de V/UHF de 225 a 500 Mhz, pero los anchos de banda utilizables son menores, por lo que las velocidades de datos que se consiguen también son menores en las bandas bajas que en las bandas más elevadas.

Por ello, se tiende a que las nuevas radios del soldado, para poder tener mayores capacidades de transmisión de datos, trabajen en bandas más elevadas (para poder transmitir un video táctico con cierta calidad se requiere transmitir al menos a una velocidad de transmisión de datos de unos 256 Kbps). Así, por ejemplo, la radio RF-7850S puede trabajar desde los 225 Mhz hasta los 2.500 Mhz consiguiendo unas velocidades de datos del orden de 2 Mbps.

La reducción de alcance que se tiene a igualdad de potencia en bandas de frecuencias más altas se compensa con las capacidades MANET de las radios. Además, este menor alcance hace que se sea menos vulnerable a la escucha y localización de la EW enemiga.

En cualquier caso, y en función de cada escenario operativo, este tipo de radios que pueden trabajar en rangos de banda de frecuencia muy amplios, proporcionan al mando operativo una gran flexibilidad de empleo, al poder adaptarse las redes radio a las necesidades operativas, según se requiera priorizar la velocidad de datos (en cuyo caso se podrán usar frecuencias más altas), o los enlaces de voz y tener velocidades de datos menores (en cuyo caso se pueden utilizar frecuencias más bajas).

Una característica hasta ahora no comentada de las radios E-Lynx y RF-7850S, es que son radios SDR, en las cuales varios de sus componentes hardware (mezcladores, filtros, moduladores/demoduladores, etc.) son implementados en software utilizando dispositivos informáticos embebidos en su interior. Tradicionalmente, los componentes de un transmisor/receptor de radio se basaban en hardware y solamente se podían modificar físicamente, lo que implicaba un mayor coste de producción y menor flexibilidad para adaptarse a la evolución tecnológica. En cambio, la tecnología SDR tiene algunos de sus componentes definidos y funcionando mediante software, y con ello se pueden adaptar más fácilmente y con menor coste a la evolución tecnológica.

En este punto, hay que indicar que las radios E-Lynx y las RF-7850S, a pesar de ser SDR, son radios diferentes, tienen formas de onda diferentes y tipos de cifra diferentes, por lo que no pueden interoperar entre ellas. Esto se entiende por el hecho de que son de fabricantes diferentes y de distinta nacionalidad, la primera es israelí y la segunda norteamericana.

4.4 NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS SELECCIONADOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Tanto la RF-7850S como la E-Lynx pueden cumplir perfectamente sus misiones operativas en el marco de los enlaces a nivel pelotón y sección en las Unidades ligero-protegidas y en general en cualquier tipo de Unidades, cada una con sus propias características y capacidades.

La radio RF-7850S está operativa en las Unidades de Operaciones Especiales y se ha empleado a plena satisfacción en ZO por el Mando de Operaciones Especiales (MOE) del ET, y en otros escenarios por el conjunto de las Unidades de Operaciones Especiales de los 3 Ejércitos. Es una radio operativa en el Ejército de EEUU y por tanto probada y fiable desde el punto de vista operativo.

La radio E-Lynx aún no está plenamente operativa en las Unidades porque está todavía en fase de pruebas e implantación, pero se espera que pueda ir desplegándose en algunas de ellas. Se tiene la intención de desplegarlas en el año 2022 en alguno de los escenarios de ZO, como por ejemplo Mali.

Desde el punto de vista económico, la radio RF-7850S, es más barata que la E-Lynx, en concreto del orden de un 10%. En el concurso realizado para la adquisición de las 550 radios del soldado para ZO en 2020, Elbit Systems, representada en España por el consorcio TELEFONICA-AICOX, presentó su oferta por un precio de 6,6 millones de € mientras que HARRIS presentó la suya por un precio de 5,99 millones de €. A pesar de esto, el concurso lo ganó la E-Lynx (Iranzo Collado, 2021).



En cualquier caso, contando con las disponibilidades económicas necesarias, es perfectamente viable y muy necesario ir completando las dotaciones de radios del soldado ya que, dada la situación actual en las Unidades, el enlace en los niveles pelotón y sección es muy deficiente y es una evidente vulnerabilidad operativa.

Como ya se ha comentado anteriormente, dado el previsible incremento de las zonas urbanizadas a nivel mundial, en los próximos años y décadas el combate en este entorno va a ser, probablemente, el tipo de combate mayoritario. Además, este tipo de combate en zonas urbanizadas lleva asociado el combate en el subsuelo en circunstancias de escasa visibilidad. Esto puede complicar mucho el mando y control, que ya no podrá ser a la vista y requerirá obligatoriamente disponer de radios eficaces para poder enlazar por voz. Estas radios deberán tener capacidad de geolocalización (que permita conocer la situación y posición del resto de los componentes del pelotón o sección), de una alta velocidad de transmisión de datos (para compartir la situación) y de capacidades MANET (para garantizar así el enlace con todos los componentes del pelotón, aunque éstos se encuentren relativamente alejados en lugares como túneles o zonas complicadas). También en sentido vertical se puede tener que combatir en zonas urbanizadas en diferentes pisos y alturas, lo que supondrá un reto en la coordinación y, para ello, garantizar el enlace será clave y capital, ya que coordinarse en estos escenarios urbanizados sin radios del soldado avanzadas será prácticamente imposible y supondrá una vulnerabilidad enorme para las Unidades.

Dada la situación actual de las radios en las Unidades del Ejército de Tierra en los niveles pelotón y sección, en su mayor parte dotadas con radios obsoletas, no adaptadas al escenario en el que tienen que enlazar y operar y en un muy bajo grado de operatividad, no solo es necesario, sino urgente, dotar a las Brigadas y resto de Unidades de radios de nueva generación de las mayores capacidades operativas posibles para reducir las actuales vulnerabilidades y para alcanzar superioridad en mando y control en el combate.

En lo que respecta al volumen de radios a adquirir para el conjunto del Ejército de Tierra, al menos habría que sustituir las 4.500 radios PNR-500, las 600 a 800 radios SPEARNET y las 9.000 PR4G, todas ellas obsoletas. Si además se quiere dotar a todas las Unidades hasta nivel pelotón o sección, se requerirán varios miles de equipos más.

Teniendo en cuenta que la RF-7850S y la E-Lynx no son interoperables, se debería elegir con cual dotar a todas las Unidades del ET. Lo más razonable, a la vista de las características técnicas, y también por cuestiones económicas, sería hacerlo con la RF-7850S.

En este punto, conviene citar la existencia del Programa European Secure Software Defined Radio (ESSOR), en el que participa España, que tiene como objetivo desarrollar tecnologías comunes para las radios militares europeas que garanticen su interoperabilidad. Existe incertidumbre sobre si la radio SDR que nazca del Programa ESSOR va a ser interoperable con las que en ese momento estén en dotación en el ET. Esto podría suponer un grave problema en el futuro (Ministerio de Defensa, 2021).



5. CONCLUSIONES

El documento “FUERZA 35” considera que el combate en áreas urbanizadas no solo será el escenario de conflicto más habitual sino también el de más peligrosidad. Debido a esto, contempla la necesidad de disponer de fuerzas capacitadas para llevar a cabo el combate en estos entornos, siendo las Unidades ligero-protegidas las más idóneas para ello. Con la finalidad de llevar a cabo el combate en áreas urbanizadas, es necesario dotar a las Unidades ligero-protegidas con nuevos sistemas tecnológicos que les permita ejercer el mando y control con plenas garantías de éxito.

La realización del presente TFG permite extraer las siguientes conclusiones en relación con el objetivo general y los objetivos específicos enunciados a su inicio:

- Las entrevistas y encuestas realizadas han permitido determinar las necesidades que un mando de una Unidad ligero-protegida desearía tener satisfechas durante el combate en zonas urbanizadas. Estas necesidades son: mantener el enlace en todo momento, tener localizados a todos los componentes de la Unidad y mantener un buen flujo de información para facilitar la toma de decisiones.
- Los sistemas que se emplean actualmente para ejercer el mando y control de Unidades ligero-protegidas en zonas urbanizadas están obsoletos. Entre las principales deficiencias de los medios utilizados se pueden destacar el escaso alcance en entornos urbanos, la ausencia de geolocalización y la poca capacidad de transmisión de datos.
- Como posibles soluciones para mejorar el mando y control de Unidades ligero-protegidas en zonas urbanizadas se han estudiado el sistema ATAK y los equipos de radio E-Lynx y RF-7850S. Se ha analizado el sistema ATAK porque lo están utilizando con éxito las Unidades de operaciones especiales y los equipos de radio porque están empezando a implantarse en algunas Unidades del ET.
- A pesar de las excelentes funcionalidades que tiene ATAK, de mucha utilidad para la ejecución de determinadas acciones militares, el sistema ha sido descartado, debido a que presenta importantes desventajas, como la dependencia de cobertura de una red de telefonía móvil en ZO y la disponibilidad de los servidores que soportan el sistema. Esta dependencia de factores externos al propio Ejército no lo hacen apto para ser utilizado como sistema de mando y control.
- Los equipos de radio E-Lynx y RF-7850S sí que satisfacen las necesidades identificadas para ejercer correctamente el mando y control de las Unidades ligero-protegidas en entornos urbanos. Entre ellas, la que mejor se ajusta a las necesidades es la RF-7850S.
- Para adaptarse al proceso de modernización tecnológico citado en el documento “FUERZA 35”, es necesario sustituir todos los equipos de radio obsoletos por alguno de los equipos de radio SDR citados en el punto anterior.
- En el futuro, la existencia de una nueva radio SDR fruto del Programa europeo ESSOR puede plantear un problema importante ya que pueden llegar a convivir tres radios SDR diferentes no interoperables en el ET.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencias (2008) "Diez soldados franceses de la OTAN mueren en un combate contra talibanes en Afganistán," *elmundo.es*, 19 August. Available at: <https://www.elmundo.es/elmundo/2008/08/19/internacional/1219139145.html> (Accessed: October 18, 2021).
2. ATAK (2021) *CivTAK / ATAK*, *civtak.org*. Available at: <https://drive.google.com/file/d/1bo9WHadg3J3o55OLlx1mn3McqEJzvgrK/view> (Accessed: October 22, 2021).
3. Ejército de Tierra (2012a) *Materiales de transmisiones PNR-500*. Available at: https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/pnr_500.html (Accessed: January 10, 2022).
4. Ejército de Tierra (2012b) *Materiales de transmisiones PR4G*. Available at: <https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html> (Accessed: October 13, 2021).
5. Ejército de Tierra (2012c) *Materiales de Transmisiones SPEARNET*.
6. EME (2019) *FUERZA 35*. Available at: https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/Descarga_pdf/EjercitoTierra/Publicaciones/fuerza_35.pdf (Accessed: September 15, 2021).
7. Escuela Europea de Excelencia (2015) *Qué es el liderazgo. Aspectos más relevantes.*, *escuelaeuropeaexcelencia.com*. Available at: <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2015/08/que-es-el-liderazgo-aspectos-relevantes/> (Accessed: August 30, 2021).
8. Folgueiras Bertomeu, P. (2019) *La entrevista*, *diposit.ub.edu*. Available at: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/99003/1/entrevista%20pf.pdf> (Accessed: September 22, 2021).
9. Google Imágenes (no date a) *E-Lynx*. Available at: <https://www.google.es/imghp?hl=es> (Accessed: October 24, 2021).
10. Google Imágenes (no date b) *PNR-500*. Available at: <https://www.google.es/imghp?hl=es> (Accessed: October 13, 2021).
11. Google Imágenes (no date c) *PR4G*. Available at: <https://www.google.es/imghp?hl=es> (Accessed: October 13, 2021).
12. Google Imágenes (no date d) *RF-7850S*. Available at: <https://www.google.es/imghp?hl=es> (Accessed: October 25, 2021).
13. Google Imágenes (no date e) *SPEARNET*. Available at: <https://www.google.es/imghp?hl=es> (Accessed: October 13, 2022).
14. de Gregorio y Monmeneu, J. (2019) "EL MADOC: MOTOR DE LA TRANSFORMACIÓN DEL EJÉRCITO DE TIERRA," *Revista Ejército*, November, pp. 4–9. Available at: https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/multimedia/revista-ejercito/2019/944/accesible/Revista_Ejercito_Accesible.pdf (Accessed: September 15, 2021).
15. Iranzo Collado, J. (2021) "Resolución concurso de adquisición de 550 radios del soldado." Madrid, 28 October.
16. L3 HARRIS (2017) *FALCON III® RF-7850S SPR™ ADVANCED WIDEBAND SECURE PERSONAL RADIO*. Available at: <https://www.l3harris.com/sites/default/files/2020-11/cs-tcom-rf-7850s-spr-wideband-secure-personal-radio-datasheet.pdf> (Accessed: October 25, 2021).



17. MADOC (1998) *ME7-007 EL MANDO COMO LÍDER.*
18. MADOC (2010) *MI4-901 RADIOTELÉFONO LIGERO PNR-500.*
19. MADOC (2016) *MI-500 RADIOTELÉFONO PR4G V3.*
20. MADOC (2017) *MI-502 RADIOTELÉFONO SPEARNET.*
21. MADOC (2018a) *Entorno Operativo Terrestre Futuro.*
22. MADOC (2018b) *Módulo de combate en zonas urbanizadas.*
23. Ministerio de Defensa (2020) *Conozca todos los detalles de la radio del combatiente E-Lynx que tendrá el Ejército español*, youtube.com. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=ocZh14vRXyE> (Accessed: October 24, 2021).
24. Ministerio de Defensa (2021) *A4ESSOR avanza en el programa europeo de radio militar ESSOR*, infodefensa.com. Available at: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/2949534/a4essor-avanza-programa-europeo-radio-militar-essor> (Accessed: December 9, 2021).
25. Montealegre Gracia, A., García Martín, A. and Lamelas, T. (2021) “Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) como fuente de información en los Sistemas de Información Geográfica.” Zaragoza.
26. Qlik (2018) *Gráfico de radar*, qlik.com. Available at: https://help.qlik.com/es-ES/sense/November2021/Subsystems/Hub/Content/Sense_Hub/Visualizations/VisualizationBundled/radar-chart.htm (Accessed: September 24, 2021).
27. QuestionPro (2017) *¿Qué es una encuesta?*, questionpro.com. Available at: <https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html> (Accessed: September 22, 2022).
28. Real Academia Española (2021) *RAE*, rae.es. Available at: <https://dle.rae.es/combate> (Accessed: September 14, 2021).

ANEXOS

- **ANEXO I:** Entrevista al Tte. D. Salvador Padilla Rascón realizada en Ceuta en septiembre de 2021.
- **ANEXO II:** Encuesta realizada a los cuadros de mando de la IV Bandera Cristo de Lepanto en septiembre de 2021.
- **ANEXO III:** Entrevista al Col. D. Julián Iranzo Collado realizada en Madrid en octubre de 2021.

Anexo I. Entrevista al Tte. D. Salvador Padilla Rascón realizada en Ceuta en septiembre de 2021.

1.-Destinos en los que ha estado en la IV Bandera.

- Jefe Sección de fusiles
- Jefe Sección Armas de Apoyo
- Jefe Sección Morteros Pesados

2.-Misiones internacionales en las que ha participado. Cometidos en estas misiones.

- CJTF / TASK FORCE "BESMAYAH" / APOYO A IRAK XII como Jefe de Sección de la Unidad de Protección, en Besmayah (Irak).
- NATO Mission Iraq como Jefe de Sección de la Force Protection multinacional de la OTAN, en Bagdad (Irak).

3.-¿Ha realizado alguna preparación específica de combate en zona urbanizada?

- Si

4.-¿Ha participado en algún combate en zona de operaciones?

- No

5.-¿Ha utilizado los medios de comunicación de dotación en el ET en zona de operaciones?

- Si, aunque no todos los utilizados eran de dotación.

6.-En caso negativo, ¿a qué cree que se debe? En caso afirmativo, ¿cuáles?

- El alcance, el ámbito de aplicación (campo abierto o zonas urbanizadas), el rango de frecuencia y la necesidad de enlace satelital hacía que los medios usados apenas eran medios dotados por el Ejército.
- Dentro de los medios de dotación, que no medios disponibles en Unidades de línea, se utilizó la Harris 152 y la Harris 117G. Se prefirió este medio por trabajar en HF, y no en VHF como la PR4G V3. Además, el Tetrapol TPH700 para la comunicación entre vehículos. Como medio de emergencia se tenía el terminal de llamada satélite Iridium.
- Dentro de los medios utilizados que no eran de dotación, se hizo uso de móviles y tablets proporcionados por los créditos de la misión, terminales Iridium PTT (similar a un walkie satelital).

7.-¿Qué características considera que deberían tener los medios de comunicaciones para ejercer correctamente el mando y control?

- Los medios utilizados deben tener alcance suficiente para poder enlazar con el puesto de mando. Aunque parezca obvio en distancias lineales, en zonas urbanizadas la dispersión de las ondas no se realiza de forma omnidireccional. Es necesario hacer pruebas de enlace en distintos puntos de la ciudad para saber dónde se puede enlazar y dónde no, creando una burbuja de señal para diseñar las operaciones futuras y los medios utilizados.

- Además de ello, los medios deben trabajar en frecuencias satelitales para garantizar el enlace en población en cualquier rango de uso. Los medios que trabajan en HF y VHF garantizan burbujas de enlace de escasos kilómetros, por lo que el rango de libertad de movimiento respecto al puesto de mando es escaso

- Por último, el ancho de banda de la conexión debe ser superior al que ofrecen las estaciones radio de las Unidades de línea del Ejército de Tierra. Garantizando así el flujo de información entre terminales (voz y datos).

Anexo II. Encuestas realizadas a los cuadros de mando de la IV Bandera Cristo de Lepanto en septiembre de 2021.

ENCUESTA PERSONAL IV BANDERA CRISTO DE LEPANTO

Esta encuesta tiene como objetivo determinar las causas que dificultan el mando y control en las unidades de infantería ligero-protectoras en zona urbanizada, así como las posibles mejoras que se podrían implementar.

Su puesto táctico es: *

- Jefe de Compañía
- Jefe de Sección
- Jefe de Pelotón

¿Tiene usted formación específica de combate en zonas urbanizadas? *

- Sí
- No

Si ha contestado afirmativamente a la pregunta anterior, diga cual.

Texto de respuesta larga

¿Ha participado en alguna misión internacional en la que haya adquirido experiencia en combate en zona urbanizada?

Sí

No

Puntúe de 1 (menor influencia) a 5 (mayor influencia) los siguientes factores según su influencia en la pérdida del mando y control de una unidad de infantería ligero-protagonizada en zona urbanizada. *

	1	2	3	4	5
Fallo de los medios de transmisión	<input type="radio"/>				
Falta de adaptación de los medios de transmisiones al entorno urbano	<input type="radio"/>				
Disgregación de la unidad	<input type="radio"/>				
Pérdida de enlace visual	<input type="radio"/>				
Falta de instrucción individual	<input type="radio"/>				
Falta de flujo de información en sentido ascendente y/o descendente	<input type="radio"/>				

Puntúe de 1 (menor importancia) a 5 (mayor importancia) las siguientes características de cara a la mejora de los sistemas de mando y control.

	1	2	3	4	5
Facilidad de operación	<input type="radio"/>				
Integración del medio de transmisión con el equipo de combate	<input type="radio"/>				
Mayor capacidad de transmisión de datos para el envío de imágenes	<input type="radio"/>				
Capacidad de geolocalización en tiempo real	<input type="radio"/>				
Interoperabilidad con otros medios de transmisiones	<input type="radio"/>				
Capacidad de instalación de repetidores	<input type="radio"/>				

Anexo III. Entrevista al Col. D. Julián Iranzo Collado realizada en Madrid en octubre de 2021.

1.- Destinos en los que su trabajo haya estado relacionado con la adquisición de material de Transmisiones.

Aunque no he tenido destinos en los que de manera directa o prioritaria el trabajo fuera la adquisición de materiales de transmisiones, sí que he formado parte en varias ocasiones de grupos de trabajo de definición de requisitos operativos de nuevos medios de transmisiones.

En 1990, siendo Capitán de Transmisiones en el Mando de Transmisiones, fui comisionado a la División de Logística del EM para redactar los Requisitos Operativos de los Sondadores Ionosféricos de HF, de los que se dotó el ET y que fueron desplegados en Irak (Zakho) y Turquía (Incirlik) en el curso del despliegue de la Operación Alfa-Kilo española del año 1991 de apoyo al Kurdistán iraquí.

En 1996, estando destinado de Comandante en el EM (División de Operaciones/Sección de Sistemas de Información y Comunicaciones (CIS)), participé en el grupo de trabajo de las nuevas radios de HF del Ejército y de los Mercurios-2000.

Entre 1998 y 2000, en el mismo destino en el EM (División de Operaciones (DIVOPE) / Sección CIS), participé en el proceso de entrega e implantación de la Red Básica de Área (RBA) a las Unidades de Transmisiones de todas las GU del ET.

En esos mismos años, también participé en grupos de trabajo con el Estado Mayor de la Defensa (EMAD) y Dirección General de Armamento y Material (DGAM) en la definición de las nuevas estaciones Satélite para las Unidades del ET.

En 2009, como Coronel Jefe de la Sección CIS de DIVOPE, presentamos y fue aprobado por el 2º JEME el Plan CIS para ZO, que suponía la modernización y mejora de las Transmisiones de las Unidades y contingentes de fuerzas desplegados fuera de territorio nacional en las diversas ZO.

También en 2009 presentamos y fue aprobado por el JEME el Plan de Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones de todo el Ejército (MC3) en el que se definían las nuevas necesidades, equipos y estaciones de transmisiones para la modernización del ET.

2.- ¿Trabaja actualmente en alguna empresa del ámbito de las comunicaciones militares?

Actualmente trabajo en la empresa RF Española (RFE), empresa que se dedica a desarrollos de software y equipos totalmente españoles y que además es representante de la empresa norteamericana L3Harris, dónde desarrollo las funciones de Director de Desarrollo de Negocio.

3.- ¿Qué requisitos técnicos cree que deberían tener los medios de comunicaciones de las Unidades ligero-protectoras?

Es algo complicado resumir en una encuesta los requisitos técnicos que deben tener los medios de comunicaciones de este tipo de Unidades o de cualquier otra, pero desde luego algo fundamental es que los medios de transmisiones estén “adaptados a la misión que deben cumplir” y por supuesto que contribuyan a “proporcionar superioridad de mando y control” sobre el enemigo, para disponer al final de “superioridad de combate” en la zona concreta del enfrentamiento. La igualdad de medios y equipos radio con el enemigo no es aceptable porque sería una vulnerabilidad y un evidente riesgo operativo.

Para ello, habrá que disponer en los escalones de pelotón y sección de equipos de transmisiones modernos de última generación, con bajo peso relativo y con las mejores características técnicas del “estado del arte” en cada momento. Desde luego con prestaciones y capacidades superiores a las del enemigo, lo que implica que dispongan de las mayores

capacidades de transmisión de datos posibles, una elevada fiabilidad tanto en voz como en datos y una alta capacidad o tasa de funcionamiento sin fallos. Deberían ser también relativamente fáciles de operar y de mantener y deberán tener amplios rangos de funcionamiento operativo en una amplia banda de frecuencias para que, en función de la misión, se pueda elegir trabajar o en los rangos de frecuencia o en los anchos de banda de canal más adecuados para cada misión.

Los equipos radio de estas Unidades deberán disponer de varias formas de onda diferentes, tanto de banda estrecha, como de banda ancha, para poder trabajar en función de la amenaza y de las características de la misión en unos modos y forma de onda y en unas bandas de frecuencias diferentes.

Los equipos deberán tener capacidades MANET, para poder facilitar el enlace de todos los componentes de cada malla o red (componentes del pelotón o sección) a través de esta capacidad de "repetidor automático" de todas las radios, para de esta forma poder asegurar siempre el enlace entre todos los componentes de la Unidad, sin necesidad de altas potencias de enlace, lo que a su vez permitirá que estas Unidades sean más discretas y puedan eludir mejor la escucha y posible localización del enemigo. También deberán disponer de su correspondiente sistema de cifrado.

Las características de las baterías de las radios del soldado, serán un elemento muy importante ya que son un factor fundamental en su operatividad, que por otra parte está relacionada con la potencia de los equipos. Se debe llegar a un compromiso entre la potencia de los equipos, sus características MANET y el tamaño y capacidad de las baterías, ya que una vez que se entra en combate se debe asegurar el funcionamiento de todos los sistemas mientras se ejecuta la misión, sin que se pierda el enlace por agotamiento de las baterías. Por ello hay que seleccionar equipos que garanticen que con 1 batería y con otra de repuesto puedan desarrollar un combate normal de 24 horas. Si ello no fuera posible se requeriría llevar cada soldado varias baterías, lo que incrementaría el peso a transportar y reduciría la operatividad.

También es deseable que las radios de estas Unidades dispongan de sistemas embebidos de posicionamiento y geolocalización que proporcionen al jefe del pelotón o sección y a quien se determine, una capacidad de ver la situación y posición de los componentes de su pelotón o sección, sin necesidad de otros sistemas de información añadidos, lo que simplificaría el equipamiento y el funcionamiento del conjunto.

4.- Entre los medios en dotación de estas Unidades, ¿cree que hay alguno que satisface completamente estos requisitos?

Del conjunto de equipos radio actualmente en dotación en los niveles pelotón y sección de las diversas Unidades del ET (PR4G-9100, PNR-500, Spearnet, RF-7800S, E-Lynx y RF-7850S), la radio que se acerca más al conjunto de requerimientos señalados es la RF-7850S. Este equipo está operativo en el Ejército norteamericano, que lo ha probado ampliamente en combate, así como en las Unidades de Operaciones Especiales españolas en diversos escenarios en ZO.

5.- ¿Cuál es el proceso para determinar los requisitos de un sistema a la hora de adquirirlo?

Si un país tiene capacidad, tecnología, industrias y recursos para desarrollar un radio o equipo propio, lo que tendrá que hacer es revisar las capacidades de los equipos radio de sus potenciales oponentes, así como de sus amenazas de EW, y diseñar unos futuros equipos que superen a los del adversario, que puedan cumplir con las misiones que deben desarrollar y que le proporcionen una amplia ventaja técnica y operativa, como hemos señalado anteriormente. Este es el caso de muy pocos países, y desde luego no es el de España, ya que en España no se fabrica en estos momentos ninguna radio táctica de ningún tipo.

En el caso de países como España, que no tiene actualmente capacidades de fabricación de radios tácticas, el proceso implica estudiar las capacidades de las radios más avanzadas del mercado y en particular de los aliados de la OTAN, ver que capacidades tienen las radios que se fabrican en esos países y que dotan a los Ejércitos aliados. En paralelo, hay que estudiar los equipos y radios de los potenciales adversarios, para que el proceso de adquisición de una nueva radio o equipo, coloque al ET en una situación de ventaja tecnológica y operativa.

A partir de ahí, y de una forma general, el proceso consistiría en definir lo que se llaman Requisitos Operativos de Estado Mayor (REM), en los que suelen participar el EME y el Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), apoyándose en parte en las Unidades, en la Jefatura CIS del ET(JCISAT) y/o en algún experto. En los REM, se definen las características operativas que deben tener los nuevos equipos, radios o sistemas.

Redactados los REM, se pasaría posteriormente a redactar los Requisitos Técnicos, llamados también Pliegos de Prescripciones Técnicas (PPT), dónde se definen las características técnicas concretas y detalladas de los sistemas, equipos o radios a adquirir y que deben cumplir en el correspondiente Expediente de Contratación. El PPT se redacta normalmente por personal técnico cualificado del Mando de Apoyo Logístico (MALE), apoyado en su caso en los temas CIS por la JCISAT.