



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ATAK como sistema de mando y control para unidades
a pie de Infantería motorizada

CAC Diego Varona Izaguirre

Director académico: Pablo Azagra Millán

Director militar: CTE Carlos Martín del Águila

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023





Agradecimientos

En este apartado, quiero agradecer la disposición, la amabilidad y el tiempo dedicado para la resolución de todas mis dudas por los componentes del Batallón de Infantería Motorizada (BIMT) Guipúzcoa I/45; en especial a todo el personal de tropa y suboficiales de la Primera Compañía (CIA) y a los tenientes de la Primera Compañía, en especial, al Teniente Pablo Hernández Alcón.

Así mismo, quiero también agradecer su disposición y disponibilidad para la corrección y revisión de este trabajo al Director Académico Pablo Azagra Millán, y también al Capitán Simón López Castiñeira que en todo momento me ha facilitado la información y contactos para la realización del trabajo.

Quiero mencionar y darle importancia en este trabajo al Cabo Primero Jonathan Higuera Orjuela, quien me abrió las puertas de su casa en más de una ocasión para compartir sus conocimientos del software de la APP Android Team Awareness Kit (ATAK) y ha estado permanentemente disponible para solventar todas mis dudas. Sin él, gran parte de la investigación de este trabajo no habría sido posible.

También, gustaría mencionar, reconocer y agradecer la gran labor de, a quien más que un amigo considero un hermano, mi hermano de armas el Teniente Felipe Meñaca Iriondo, quien tanto durante estas prácticas externas en el Regimiento de Infantería (RI) Garellano 45, facilitándome el día a día, como durante todos estos años en la Academia General Militar (AGM) guiándome, aconsejándome, como si de un hermano mayor se tratase, siempre ha sido un referente para mí en lo profesional y en lo personal.

Por último, quiero agradecer a mis padres, a mi familia, a mis amigos y a mi pareja por haberme respaldado durante estos 5 años y ayudado incondicionalmente, empujándome hacia delante para que no perdiese de vista mi objetivo. Gracias a ellos, hoy puedo presentar este trabajo que es el punto final de mis estudios universitarios en el Centro Universitario de la Defensa.



RESUMEN

El mando y control es fundamental para el desarrollo de las operaciones militares, desde la fase de planeamiento hasta la finalización de estas, ya que permite coordinar, dirigir y seguir las operaciones para el cumplimiento de la misión. Las nuevas tecnologías, han permitido que de unos años hasta ahora se hayan desarrollado diferentes sistemas que facilitaban esta función de mando y control. Sin embargo, en el Ejército de Tierra en las unidades que combaten a pie, esta función de combate ha quedado en el olvido desactualizada, ya que el sistema actual para el mando y control de pequeñas unidades conocido como BMS (Battlefield Management System) solo está implementado en vehículos. A raíz de este contexto, surge la necesidad de buscar un sistema para el mando y control de pequeñas unidades a pie.

Como solución a este problema planteado, el autor de este trabajo se propone realizar un estudio para conocer la aplicación ATAK como sistema de mando y control en pequeñas unidades (entidad compañía) de Infantería motorizada a pie. Para cumplir con este propósito, se han fijado otros tres objetivos parciales: (i) determinar las necesidades para ejercer el C2 de una compañía de fusiles, (ii) conocer las capacidades que ofrece ATAK al mando y control y (iii) determinar las limitaciones ofreciendo soluciones para su implementación en una compañía. A su vez, para la consecución de estos objetivos, se ha dividido la investigación en cinco fases, de forma que estas han facilitado el desarrollo del estudio y cumplimiento de los diferentes objetivos marcados anteriormente. Entre la metodología usada, para la obtención de información, se ha recurrido a un amplio abanico de herramientas como la revisión de manuales, consulta de páginas web y foros, realización de entrevistas y encuestas, grupos focales y pruebas experimentales con la aplicación ATAK.

Tras haber aplicado las diferentes metodologías y haber finalizado la investigación cumpliendo todos los objetivos parciales propuestos, se ha obtenido como resultados que existen siete necesidades para el buen mando y control de una compañía, las cuales, se ha visto que tras realizar el análisis de las capacidades del ATAK mediante pruebas experimentales, son asumibles por esta aplicación. Así mismo, estas pruebas al haber sido llevadas a cabo también en una ambientación táctica han servido para detectar junto con otras encuestas realizadas las limitaciones de este sistema. Tras haber sido detectadas una serie de limitaciones, se ha procedido a la propuesta de posibles soluciones o de posibles líneas de investigación sobre las que trabajar en un futuro.

Finalmente, la memoria de este trabajo de investigación concluye afirmando que Android Team Awareness Kit se trata de una aplicación completamente apta para el buen ejercicio del mando y control de una pequeña unidad de Infantería motorizada a pie remarcando las futuras líneas de investigación sobre las limitaciones detectadas para que este pueda constituir un sistema pleno.

Palabras clave

Mando y Control, Infantería, Pequeñas Unidades, ATAK, Conducción y Planeamiento de Operaciones.



ABSTRACT

Command-and-control is fundamental to the development of military operations, from the planning phase to their completion, as it allows operations to be coordinated, directed and monitored for the fulfilment of the mission. New technologies have allowed the development of new and different command-and-control systems. However, in the army's foot combat units, this combat function has become obsolete and outdated, as the current system for command and control of small units known as BMS (Battlefield Management System) is only implemented in vehicles. In this context, the need for a system for the command and control of small units on foot arose.

As a solution to this problem, the author of this work proposes to carry out a study to find out about the application of ATAK as a command-and-control system in small units (company entity) of motorized infantry on foot. To fulfil this purpose, three other partial objectives have been set: (i) to determine the needs to exercise the C2 of a company, (ii) to know the capabilities offered by ATAK for command and control and (iii) to determine the limitations, offering solutions for its implementation in a company. In turn, to achieve these objectives, the research was divided into five phases, in such a way that they facilitated the development of the study and the fulfilment of the different objectives set out above. The methodology used to obtain information included a wide range of tools such as the review of manuals, consultation of websites and forums, interviews, and surveys, focus groups and experimental tests with the ATAK application.

After having applied the different methodologies and having completed the research and fulfilled all the partial objectives proposed, the results have shown that there are seven needs for the good command and control of a company, which, after analyzing the capacities of ATAK by means of experimental tests, can be assumed by this application. Likewise, as these tests have also been carried out in a tactical environment, they have served to detect, together with other surveys carried out, the limitations of this system. After having detected a series of limitations, possible solutions or possible lines of research on which to work in the future have been proposed.

Finally, the report of this research work concludes by stating that Android Teams Awareness Kit is a completely suitable application for the proper exercise of command and control of a small motorized infantry unit on foot, highlighting the future lines of research on the limitations detected so that it can become a fully-fledged system.

KEYWORDS

Command-and-Control, Infantry, Small Units, ATAK, Operational planning and conduct.



INDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	<i>II</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>III</i>
<i>Palabras clave</i>	<i>III</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>IV</i>
KEYWORDS	IV
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>VII</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>IX</i>
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	<i>X</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
Razones del estudio.....	1
Ámbito de aplicación.....	1
Conceptos clave	2
Estructura	2
<i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	<i>4</i>
METODOLOGÍA	5
<i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i>	<i>7</i>
3.1 Determinación de las necesidades para el mando y control de una pequeña unidad de Infantería a pie.	7
3.2 Mando y control actual en el BIMT “Guipúzcoa”	9
3.3 Estado del arte de los sistemas de mando y control.....	14



4	DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	16
4.1	Capacidades del sistema ATAK	16
4.2	Implementación del ATAK en una compañía de fusiles	22
4.2.1	TAK Server	23
4.2.2	Ubiquiti Rocket M2 con OpenWrt	25
4.3	Limitaciones de la aplicación ATAK como C2IS	28
4.3.1	Soluciones a las limitaciones detectadas	29
5	CONCLUSIONES	30
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
7	ANEXOS	32
	ANEXO A	33
	ANEXO B	34
	ANEXO C	36
	ANEXO D	37
	ANEXO E	48
	ANEXO F	54



INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. URO VAMTAC. Fuente: UROVESA.....	10
Ilustración 2. Aníbal Santana, Fuente: ejercito.defensa.gob.es	10
Ilustración 3. PNR-500. Fuente: Allegro Lokalnie	11
Ilustración 4. PR4G-V3, Fuente: Infodefensa.	12
Ilustración 5. Visor de ATAK con la geolocalización de diferentes usuarios. Fuente: Elaboración propia.....	17
Ilustración 6. Track generado automáticamente de un recorrido andado. Fuente: Elaboración propia.....	17
Ilustración 7. Gestor de rutas en ATAK. Fuente: Elaboración propia.....	18
Ilustración 8. Visor de ATAK al marcar waypoints con simbología NATO. Fuente: Elaboración propia.....	18
Ilustración 9. Generación de una ruta con la herramienta Navegación Rápida y VNS. Fuente: Elaboración propia.	18
Ilustración 10. Kill-Box diseñada con las herramientas de dibujo de ATAK. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 11. Gestor de paquetes de datos. Fuente: Elaboración propia.	19
Ilustración 12. Video en directo através de TAK-ICU. Fuente: Elaboración propia.	20
Ilustración 13. Chat con otro usuario. Fuente: Elaboración propia.....	20
Ilustración 14. Comunicación por voz con plug-in Multicast. Fuente: Elaboración propia.	21
Ilustración 15. Reloj Garmin conectado con ATAK. Fuente: Elaboración propia.	21
Ilustración 16. Menu de herramientas ATAK con plug-in TAK Watch. Fuente: Elaboración propia.	21
Ilustración 17. Harris Falcon II con ATAK. Fuente: Devtsix.com.....	22
Ilustración 18. Baofeng con ATAK. Fuente: soldiersystems.net.....	22
Ilustración 19. Arquitectura protocolo 802.11s. Fuente: Wikipedia	25
Ilustración 20. Radio de construcción propia. Fuente: Elaboración propia.	26
Ilustración 21. Alcance NLOS Ubiquiti Rocket M2 fuente: Elaboración propia.	26
Ilustración 22. Alcance LOS Ubiquiti Rocket M2. Fuente: atakhq.com	26



Ilustración 23. Batería portátil de 26800mAh. Fuente: Amazon29

Ilustración 24. Móvil ruggedizado DOODGEE de 12500 mAh. Fuente: Amazon29



INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Datos técnicos PNR-500.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2. Datos Técnicos radioteléfono PR4G.</i>	<i>13</i>



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

App	Aplicación informática
ATAK	Android Team Awareness Kit
BIMT	Batallón de Infantería Motorizada
BMS	Battlefield Management System
C2	Mando y Control
C2IS	Sistema de Mando y Control
CASEVAC	Casualty Evacuation
CAC	Caballero Alférez Cadete
CIS	Sistemas de Información y Telecomunicaciones
Cía.	Compañía
CMT	Campo de Maniobras y Tiro
CUMAs	Cuadros de Mando
ET	Ejército de Tierra
ETP	Equipo de Tiradores de Precisión
GU	Gran Unidad
HF	High Frequency
LOS	Line Of Sight
MANET	Mobile Ad Hoc Network
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NLOS	Non Line Of Sight
NM	NATO Mission
OTAN	Organización del Tratado Atlántico Norte
PEXT	Prácticas Externas
PLMM	Plana Mayor de Mando



Pn.	Pelotón
PU	Pequeña Unidad
PR4G	Programa Radio de 4ª Generación
Sc	Sección
TFG	Trabajo de Fin de Grado
Tte Gral	Teniente General
TTPs	Tácticas Técnicas y Procedimientos
VFTJ	Very High Readiness Joint
VHF	Very High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
ZO	Zona de Operaciones



1 INTRODUCCIÓN

En este documento recoge la investigación realizada por el autor en la realización del Trabajo de Fin de Grado (TFG) del grado de Ingeniería de Organización Industrial (Perfil Defensa). Con este mismo, el autor finaliza una formación universitaria impartida durante 4 años como estudiante del Centro Universitario de la Defensa, centro adscrito a la Universidad de Zaragoza y que depende de la Academia General Militar, la cual, es el centro de formación de los futuros oficiales del Ejército de Tierra (ET).

El tema de este TFG surge como necesidad de investigación en la unidad en la que el autor ha realizado sus Prácticas Externas (PEXT). Estas se realizaron en el Regimiento de Infantería (RI) "Garellano" 45, el cual se encuentra conformado únicamente por el Batallón de Infantería Motorizada (BIMT) "Guipúzcoa" I/45.

Razones del estudio

En el último siglo, los conflictos han cambiado mucho: armamento, las tácticas técnicas y procedimientos (TTP's), medios para el enlace... Todo ello, gracias a la tecnología, la cual se encuentra en constante evolución. Esto genera un gran abanico de diferentes entornos de las zonas de operaciones (ZO), los cuales son cada día más exigentes y requieren de un mayor mando y control de las operaciones que se llevan a cabo.

Para conseguir este mando y control, es muy importante contar con sistemas tecnológicos para la gestión de las unidades en todos los escenarios tácticos posibles tanto a nivel de Gran Unidad (entidad Brigada o superior) como a un nivel de una Pequeña Unidad (entidad Batallón o inferior).

Para las Grandes Unidades (GU) se dispone del BMS (Battlefield Management System) al igual que para las Pequeñas Unidades (PU) que van sobre vehículo. Sin embargo, son en las pequeñas unidades de Infantería Motorizada donde aparece la causa de este estudio: al desembarcar de los vehículos se pierde el sistema de mando y control de estas unidades, ya que el BMS no es un sistema apto. Por lo tanto, habiendo detectado este problema, el BIMT "Guipúzcoa" I/45 busca una solución en un sistema para pequeñas unidades de Infantería que permita el mando y control de estas mismas a pie.

Ámbito de aplicación

Las Infantería desde sus inicios se han distinguido siempre por ser el arma de la maniobra, aquella que es capaz de adaptarse a todas las situaciones tácticas valiéndose del fuego y movimiento como sus principios para finalmente chocar con el enemigo, es decir, es el arma que buscará siempre el combate más próximo con el enemigo.

Para el caso de estudio planteado, es importante tener en cuenta que el empleo de unidades de Infantería motorizada difiere del de las de Infantería mecanizada o acorazada. Las unidades motorizadas acaban desembarcando mucho antes, debido a que, aunque los vehículos de ruedas (motorizada) ofrecen más velocidad que los de cadenas (mecanizada o acorazada), tienen una menor movilidad. Esto se debe a que, en ocasiones, el terreno obliga a adoptar despliegues fuera de los vehículos. Otro condicionante que también propicia esta transición de combate con vehículos a combate a pie, es que las unidades motorizadas son más vulnerables



debido a que el blindaje del que disponen los vehículos es menor que los de cadenas y a que su armamento suele ser de menor calibre y alcance. Esto propicia que las unidades motorizadas acaben desembarcando antes con el fin de preservar el vehículo, sobre todo si este dispone de más armamento que únicamente fusilería (lanzagranadas, máquinas pesadas...).

Por otro lado, si tenemos en cuenta la evolución de los conflictos en los últimos 10 años se puede afirmar que durante las misiones en Afganistán, Irak y Líbano se patrullaba y combatía en vehículo o en sus inmediaciones mientras que en el último año y medio con la guerra en Ucrania se ha vuelto a una guerra convencional de trincheras en la que con la tecnología de los drones hace que todos los vehículos sean objetivos prioritarios y de alto valor (High Value Target – HVT – y High Priority Target- HPT), obligando así a que en muchas operaciones las incursiones se acaben ejecutando a pie.

Es por todo esto que, siguiendo el ejemplo de la preocupación del Regimiento de Infantería Garellano 45, el Ejército de Tierra debiera trabajar en la implementación de un sistema que permita el mando y control de las unidades de Infantería motorizada a pie.

Conceptos clave

Para la doctrina del ejército, se entiende el mando y control como una de las seis funciones de combate definidas por el Ejército de Tierra que combina dos acciones en una: (i) el mando, que se define como la acción de dirigir y conducir a los subordinados en el combate para cumplir la misión, y (ii) el control, que consiste en la definición de límites con el fin de buscar la eficacia.

Para que esta función de combate pueda materializarse, el mando y el control se deben constituir en un sistema que integre personal, medios de comunicación, equipo, instalaciones y procedimientos. Todos estos serán imprescindibles para la obtención y análisis de información, planeamiento y seguimiento de las operaciones en curso y futuras. (Tte Gral Faura Martín,J , 1996).

Los sistemas de mando y control son una gran herramienta de trabajo para el mando que le ayudan y asesoran facilitándole el ciclo OODA (en inglés: Observe, Orient, Decide y Act) para la toma de decisiones. Principalmente se emplean en 2 acciones: (i) planeamiento y (ii) conducción de las operaciones.

Estructura

Para la realización de este trabajo, la investigación se ha dividido en cinco fases:

- **Fase 1: Conocimiento del mando y control en una pequeña unidad de Infantería motorizada.**
- **Fase 2: Otros sistemas de mando y control actuales.**
- **Fase 3: Determinación de las necesidades para ejercer el mando y control de una pequeña unidad de Infantería motorizada para el combate pie.**
- **Fase 4: Análisis de capacidades y limitaciones del sistema ATAK.**
- **Fase 5: Implementación del ATAK en las compañías de fusiles.**



Así mismo, para llegar a una solución para el problema planteado por el BIMT “Guipúzcoa” I/45, este trabajo se estructura de la siguiente forma:

En primer lugar, se van a definir **los objetivos y el alcance** del trabajo. En este apartado se determina el objetivo principal del trabajo de fin de grado y se plantean los objetivos específicos para la consecución del principal. Así mismo, en este apartado se reflejará el alcance del estudio realizado y se hablará de la metodología y herramientas que se han estimado oportuna para la realización del trabajo.

En un segundo lugar se tratarán **antecedentes y marco teórico**. Se hablará de los antecedentes que preceden la situación actual y un pequeño marco teórico de los sistemas de mando y control. Y a continuación, el apartado de **desarrollo: análisis y resultados**. Es en este apartado donde se tratará el estudio que se ha realizado de la aplicación ATAK como nuevo C2is a implementar mostrando los resultados frutos de la metodología que se ha utilizado.

Por último, quedan las **conclusiones**. Este es el último apartado de la memoria en el que se recoge el resultado final del estudio realizado. También en este apartado se plantean líneas futuras de investigación.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este trabajo tiene como objetivo principal conocer la aplicación Android Team Awareness Kit (ATAK) para su implementación como sistema de mando y control para pequeñas unidades de Infantería motorizada una vez estas se encuentran desembarcadas de los vehículos para trabajar a pie.

Para la consecución del objetivo principal se va a llevar a cabo un estudio en el que se han fijado otros objetivos y cuyo alcance de los mismos será fundamental para el correcto desarrollo de este proyecto. Entre ellos:

- Determinar las necesidades de una compañía de Infantería motorizada a pie para el mando y control de esta hasta el nivel de una sección.
- Conocer las capacidades que ofrece para el mando y control la aplicación ATAK.
- Determinar las limitaciones de la aplicación estableciendo posibles soluciones para su mejora.

Este proyecto se ha realizado en un Batallón de Infantería Motorizada (BIMT), compuesto por 3 compañías de fusiles y una compañía de Mando y Apoyo. Como base experimental, se ha usado una de las compañías de fusiles del BIMT "Guipúzcoa" que estaba compuesta por dos secciones de fusiles, una sección de armas y una plana mayor de mando del capitán en la que se encuadra al equipo de tiradores de precisión (ETP).

Del periodo de tiempo en el que el alumno estuvo realizando el TFG en la unidad mencionada antes, cabe reseñar ciertas limitaciones con las que este se encontró. Entre ellas, que aunque el trabajo se realizara en una compañía de Infantería motorizada, esta carecía de vehículos blindados debido a problemas de logística de medios y a que una de las secciones había sido designada para ser certificada como parte de una fuerza Very High Readiness Joint (VFTJ) y todos los medios disponibles tenían prioridad para la sección, por lo que aunque la idea principal es realizar el estudio a pie de una unidad motorizada, no fue posible contar con vehículos para la realización de más pruebas. También, cabe reseñar que como el BIMT "Guipúzcoa" I/45 estaba preparándose para desplegar en la European Union Military Assistance Mission UA III (EUMAM-UA III), para formar en la Academia de Infantería de Toledo al Ejército de Ucrania, la orgánica del batallón cambió viéndose reducida la posibilidad de realizar prácticas con la sección de armas en temas de corrección de fuegos y con el pelotón de transmisiones del batallón para temas técnicos de transmisión de datos vía radio.

Es por todo esto, que el alumno ha fijado el alcance de su proyecto en el manejo y uso para el planeamiento y conducción de operaciones para poder ejercer el mando y control de una compañía de fusiles en combate a pie. Todo esto con la finalidad de establecer las ventajas y limitaciones del uso de este sistema de mando y control propuesto por la compañía en la que realizó las practicas (ATAK).



METODOLOGÍA

A continuación, se van a mencionar una gran variedad de herramientas que se han usado durante la realización del trabajo de investigación y a la recopilación de información.

- **Consulta y revisión de manuales y guías de usuario.** Se ha leído diferentes manuales, trabajos internos, trabajos de fin de grado y guías de usuario con la finalidad de recopilar información. También, se han **consultado páginas web, blogs e informes especializados** con el fin de ampliar la información sobre manejabilidad y capacidades del ya mencionado sistema, se ha recurrido a la consulta de blogs en los que se explica el funcionamiento y de páginas web y trabajos de fin de grado de otros años anteriores que trataban el mando y control.
- **Obtención de información complementaria.** Durante las prácticas externas el alumno mantuvo conversaciones y contactos con diferentes cuadros de mando (CUMAs) y personal de tropa con experiencia en el uso de la aplicación ATAK. El alumno aprovechó para preguntar inquietudes y dudas. Entre estos destaca el Cabo Primero Higuera destinado en la Compañía de Mando y a Apoyo del BIMT I/45.
- **Estudio propio mediante practicas experimentales.** Esta metodología de estudio empírica tiene como fin el conocer de primera mano cuales son las capacidades y limitaciones del sistema a investigar. Para ello se han utilizado medios de adquisición propia y medios de personal en activo de la unidad donde se realizaron las prácticas. En el caso de estudio que se plantea esta práctica será de gran utilidad para la detección de limitaciones, ya que estas no suelen venir en los manuales.
- **Entrevistas individuales.** Las entrevistas se encuadran dentro de los métodos cualitativos. Estas permiten de forma flexible la recopilación de información tanto objetiva como subjetiva, ya que se parte de la interacción entre el investigador y un sujeto con experiencia en el tema a investigar que puede aportar datos, necesidades, inquietudes o lecciones aprendidas de su experiencia. (Murillo Torrecilla García Hernández *et al.*, 2007) Se diferencian principalmente entre: (i) entrevistas estructuradas, en las que se sigue un guion planificado por el entrevistador y las respuestas del entrevistado son cerradas, (ii) entrevistas semiestructuradas, las cuales destacan por seguir una planificación en la que las preguntas son de respuesta abierta, aunque la información esta acotada en unos temas y (iii) entrevistas abiertas o no estructuradas, en las que el entrevistador no sigue ningún tipo de guion y por requerir un gran esfuerzo y preparación del entrevistador para reconducir la entrevista en caso de que el entrevistado se desvíe del tema de investigación. En el caso este trabajo, se han planteado entrevistas semiestructuradas. Las entrevistas se recogen todas en el Anexo B.
- **Grupos focales.** Se define grupo focal como técnica de investigación cualitativa cuya finalidad es recabar información sobre un tema específico a investigar de la interacción de un grupo de personas dirigido por un moderador. El moderador es el encargado de convocar los grupos, formular preguntas, y escuchar y registrar las respuestas de los participantes. Su principal función es mantener al grupo enfocado en el tema de investigación. (*Grupos focales: guía y pauta de su desarrollo*, 2012) Para su realización, es necesario:
 - **Selección del lugar para la reunión.** Este debe ser un lugar tranquilo y cómodo que permita la creación de un ambiente distendido de confianza que permita a los participantes a intervenir con seguridad y sin sentirse limitados a la hora de expresar sus opiniones, percepciones o experiencias sobre el tema de estudio. En este caso se seleccionó la sala de reuniones de la 1ª Compañía.



- **Selección de los participantes.** Generalmente, los grupos focales suelen estar conformados por un número de entre 6 y 12 personas ya que este tamaño es ideal para la exposición de diferentes puntos de vista y opiniones y favorece al dinamismo con el que se suceden las intervenciones. Sin embargo, en este trabajo, se ha seleccionado a 5 personas, entre ellas el capitán jefe de la 1ª Compañía, los tenientes jefes de sección, el sargento primero jefe de la plana y el jefe del equipo de tiradores de precisión.
- **Elaboración de una guía de la reunión.** Elaborada por el moderador, se presentan los puntos a tratar por el grupo en la reunión. Esta es de gran utilidad para seguir un guion en la consecución de las interacciones entre los participantes de manera que no se pierda de vista el objetivo o tema a tratar. Es interesante que esta sea distribuida antes de la reunión para que los asistentes puedan llevar ideas ya pensadas. Esta queda reflejada en el Anexo C.
- **Registro de la reunión.** Con la finalidad de que quede guardada la información para su posterior revisión y para evitar la pérdida de ninguna de las conclusiones de esta, es de interés levantar un acta ya sea transcrita o grabada. En este trabajo se ha seguido un patrón durante la reunión de forma que tras cada punto a tratar se finalizaba con unas conclusiones que quedaban escritas en una libreta, para evitar incomodar a los participantes en sus intervenciones y favorecer así que se sintiesen más libres al hablar.

Por último, destaca el método de organización del diagrama de Gantt el cual ha servido para que el autor pudiese organizar la investigación combinándola con las diferentes actividades de la unidad de las PEXT. El **diagrama de Gantt** se define como una herramienta de gestión para la planificación y programación de actividades en un periodo de tiempo determinado. Este consiste en una representación gráfica en la que se muestran las actividades y tareas a realizar a lo largo del tiempo. En este proyecto ha sido de gran utilidad para poder fijar fechas de entrevistas, de prácticas y sobre todo para poner fechas límites entre recopilación de información, redacción de la memoria y entregas de borradores (ver Anexo F).



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Siguiendo la estructura en la que se ha organizado la investigación, en este apartado se tratan los diferentes sistemas de mando y control actuales, tanto en dotación como otros que están teniendo repercusión en el mercado. Pero antes de entrar en detalle con los sistemas de C2, se va a hablar de la unidad en la que se desarrolla este trabajo y se pondrá en contexto la organización y misión del Batallón de Infantería Motorizada “Guipuzcoa” I/45.

El BIMT I/45 tiene base en el Acuartelamiento de Soyeche en la localidad de Munguía, provincia de Bizkaia en el País Vasco. El norte de España se caracteriza por ser un terreno con pocas llanuras y muchas elevaciones montañosas, a la vista está que todas las unidades del norte son antiguas unidades de infantería ligera hoy en día de Infantería motorizada como son por ejemplo: RI Isabel la Católica en Pontevedra nº 8, RI Príncipe nº3 en Asturias, RI Tercio Viejo de Sicilia nº 67 en San Sebastián o los regimientos de cazadores de montaña (RCZM) en Pamplona el RCZM América 66 o en Jaca el RZCM Galicia 64. Esto se debe a que el terreno en muchas ocasiones es un factor limitante para los vehículos, que impide llegar hasta el enemigo; este problema se soluciona desembarcando de los vehículos y volviendo a los principios de la Infantería, es decir, emplear los elementos de combate a pie.

En cuanto a la organización, el RI Garellano 45 se compone de un batallón de infantería motorizada, el cual a su vez se compone de varias unidades (ver Anexo A), pero principalmente se destacan sus 3 compañías de fusiles las cuales son las que le otorgan su capacidad de combate en diferentes escenarios.

En cuanto a la misión del Regimiento Garellano, la página web del ejército dice: *“Nuestras capacidades son idóneas para misiones de seguridad y combate en cualquiera de los escenarios en los que nuestras fuerzas armadas operan actualmente.”* (Página web del Ejército de tierra, 2021) Para cumplir con la misión, el BIMT “Guipúzcoa” ha especializado a cada una de sus compañías en diferentes destrezas para así contar con el mayor abanico de cartas posibles. La 1ª Cía “Toro” se instruye en combate en zonas urbanas y combate convencional, la 2ª Cía “Salvajes” se instruye en combate convencional y combate en población con el empleo de vehículos blindados, y la 3ª Cía “Lobo” cuenta con una sección especializada en combate subsuelo en zonas urbanas y combate convencional. Todas las compañías de fusiles del batallón entrenan diferentes capacidades y cumplen con diferentes cometidos, pero todas ellas tienen en común que se instruyen para el combate a pie.

3.1 Determinación de las necesidades para el mando y control de una pequeña unidad de Infantería a pie.

Antes de determinar las necesidades del mando y control, primero es importante conocer el por qué el Battlefield Management System no es un sistema apto para las unidades de Infantería a pie. Para ello, se ha realizado una entrevista al Cabo Primero Diego Liébana Calle, el jefe del pelotón de transmisiones encuadrado en la Plana de Batallón dentro de la Compañía de Mando y Apoyo del BIMT I/45. De esta entrevista (ver Anexo B) se obtuvo la siguiente información:



1. El BMS es un sistema software cargado en un dispositivo tipo tableta digital rugerizada de grandes dimensiones y que actualmente está implementado en el sistema operativo de Windows10. El BMS es un programa que resulta bastante pesado de ejecutar a los dispositivos exigiéndoles un gran esfuerzo que se traduce en grandes necesidades de alimentación, es por eso que el sistema no es apto para ser desembarcado de los vehículos a pesar de contar con una batería para su uso fuera del vehículo, ya que solo es capaz de mantener el dispositivo activo durante 40 minutos.
2. El dispositivo electrónico que alberga el sistema del BMS se trata de una tableta digital de grandes dimensiones lo cual hace incomodo al jefe de unidad transportarlo a pie.
3. El BMS permite la localización GPS de las unidades y el envío de datos, aunque la tasa de transmisión de estos no es muy alta (entre 1200bps y 4800bps), aunque sí que ofrece un largo alcance (30,7km) aunque eso no es de interés para las pequeñas unidades, ya que una compañía nunca enviará datos a más de 5-6km (alcance eficaz de los fuegos de morteros de la sección de armas).
4. El BMS en pequeñas unidades necesita estar integrado en la Red Radio de Combate, lo que implica el uso exclusivo de radios militares. Esto es un factor limitante a la hora de hablar de interoperabilidad con pequeñas unidades de otros países (como sucede en algunas misiones donde solo despliegan pequeños contingentes: Irak o la Antártida) y a la hora de solucionar contingencias como puede ser el que la radio se quede sin batería si no se dispone de radio vehicular.

Conocidas ya las principales limitaciones del BMS en unidades de Infantería a pie y tras haber aplicado la metodología *Focus on the Group* en el que se reunió al capitán Jefe de la 1ª Compañía del BIMT I/45, a los tenientes Jefes de Sección y equipo de tiradores de precisión (ETP's) de dicha compañía, se obtuvo en claro las siguientes ideas fuerza a cerca de las necesidades de un sistema de mando y control:

- Es necesario un sistema de mando y control que sea más intuitivo y fácil de operar por el usuario, ya que para la puesta en estación del BMS se requiere de personal que tiene una amplia formación, experiencia e instrucción especializada en él.
- Debe ser un sistema que permita actualizar la información fácilmente, tanto de las unidades propias (con posicionamiento GPS) como de las enemigas.
- El sistema tiene que permitir enviar datos como fotos, videos o videos en directo rápido y con facilidad.
- En cuanto al dispositivo sobre el que se carga, tiene que tratarse de un sistema implementado en un dispositivo pequeño que permita su transporte de forma fácil y que a la vez la duración de su batería sea lo suficiente para aguantar la ejecución de una operación (al menos 5h), y en su defecto que sea fácilmente recargable sin olvidar que el combatiente se va a encontrar en un ambiente táctico.



Por último, para determinar las necesidades del Jefe de una pequeña unidad de Infantería a pie, se realizaron entrevistas y encuestas a los capitanes Jefes de la 1ª Compañía y de la 3ª Compañía al ser las que están más especializadas con el combate a pie. De estas metodologías se obtuvieron las siguientes necesidades:

- Como necesidad principal se ha marcado que un sistema de mando y control debe permitir al mando tener consciencia situacional de la zona de operaciones de forma actualizada. Para ello, el posicionamiento actualizado en el plano de las unidades propias y enemigas es fundamental, ya que permite el seguimiento y coordinación de las diferentes unidades en las operaciones.
- En cuanto a la fase de planeamiento debe tener capacidades que permitan realizar un buen estudio del terreno para poder facilitar la decisión al mando de la maniobra a ejecutar.
- En lo que refiere a la conducción, un sistema de C2 debe permitir al jefe mantener el enlace con sus unidades subordinadas. Este enlace se debe poder efectuar como mínimo por voz. El enlace con el escalón superior es fundamental ya que provee al jefe de información actualizada de la situación táctica de su zona de responsabilidad acortando y facilitando la toma de decisiones.
- Por último, se remarca la importancia de que este sistema de mando y control dote de capacidades a los ETP's los cuales constituyen un apoyo muy importante para el jefe ya que estos son sus ojos. Entre estas capacidades se remarca la transmisión de fotos, videos en directo e interoperabilidad con drones.

3.2 Mando y control actual en el BIMT “Guipúzcoa”

Para ejercer un buen mando y control de las unidades no hace falta salirse mucho de lo que es su definición. Mando y control se define como la función de combate que permite dirigir, coordinar y corregir las acciones llevadas a cabo para el cumplimiento de una misión. Según el Capitán Simón López Castiñeira, para ejercer el C2 en una pequeña unidad se necesita de aquello que permita tener consciencia situacional de la zona de acción para que el mando con información actualizada pueda tomar decisiones. Lo que nos conduce a reflexionar y replantearnos: ¿son los medios de los que dispone una compañía de fusiles suficiente para ejercer el C2?

Para poder dar una respuesta a esta pregunta, primero hay que conocer los sistemas de mando y control y medios de los que dispone una pequeña unidad de infantería motorizada que combate a pie.

Empezando por el equipo y los medios, en una pequeña unidad de infantería motorizada nos encontraremos principalmente con 2 tipos de vehículos: URO VAMTAC (vehículo blindado-protegido) y Aníbal Santana (vehículo ligero).



- Vehículo de Alta Movilidad Táctica: conocido como VAMTAC, perteneciente a la casa automovilística gallega UROVESA, es la joya de la infantería motorizada junto al LINCE, ya que es un vehículo que tiene lo bueno de ser como un coche que puede circular por diferentes terrenos y por carretera ofreciendo protección balística a su tripulación. Son el vehículo sobre el que trabaja el BIMT “Guipuzcoa” 45 aunque debido a problemas de mantenimiento y de logística el número de vehículos de este tipo es muy bajo en el batallón quedando solo para el uso de la 2ª Cía, específicamente por la sección de VJTF de esta compañía.



Ilustración 1. URO VAMTAC. Fuente: UROVESA

- ANIBAL SANTANA: Perteneciente a la casa española SATANA MOTOR, la cual quebró en 2011, es un vehículo ligero que, aunque es usado por las Fuerzas Armadas también fue comercializado fuera del ámbito de Defensa. Este tipo de vehículo carece de protección para su tripulación, y no está preparado para el combate, aunque sí que puede ser usado para cometidos logísticos a retaguardia de un despliegue o para misiones que no impliquen un posible entablamiento de combate, misiones en apoyo a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado como fueron la operación Balmis en 2020 o la de La Palma a finales de 2021.



Ilustración 2. Aníbal Santana, Fuente: ejercito.defensa.gob.es



Son en estos vehículos donde están instalados unos dispositivos táctiles tipo tableta digital que tienen cargados el ya mencionado anteriormente BMS (Battlefield Management System). Este sistema es una solución software que tiene como propósito dotar al ET de C2 en los Grupos Tácticos¹. Entre sus funcionalidades destacan: localización de las unidades, apoyo al cálculo de fuegos para morteros, apoyo a la navegación, mensajería y transmisión de datos como fotos.

Todas estas funcionalidades son de gran utilidad para asesorar al mando tanto en la fase de planeamiento como en la de conducción y juicio crítico² (el BMS dispone de una función que permite introducir anotaciones de los juicios críticos de los ejercicios para luego guardarlas como lecciones aprendidas o identificadas). Este sistema, está pensado principalmente para ejercer el C2 sobre las unidades subordinadas de un Batallón o Grupo Táctico (GT). Es por eso que todas estas funciones y capacidades desaparecen cuando las unidades subordinadas combaten a pie, ya que su mando se descentraliza más y recae directamente sobre los Jefes de Compañía, quedando estos sin un sistema de mando y control para sus secciones, y disponiendo únicamente de medios de transmisión de voz y datos. Entre estos medios, una compañía cuenta con:

- **Radio PNR-500:** Aunque aún en dotación en compañías de fusiles, se encuentran en desuso por su corto alcance. Se trata de una radio ligera individual full-dúplex³ que puede trabajar en 15 canales diferentes. Su estructura está diseñada para ser empleada para entidad pelotón, aunque puede ser usada para una sección, obviando la comunicación radio entre jefes de escuadra y jefes de pelotón.



Ilustración 3. PNR-500. Fuente: Allegro Lokalnie

¹ Grupo Táctico: organización operativa en base a un batallón constituida para la ejecución de una misión. Al batallón que tiene como base se le agregan y segregan unidades con el fin de dotarle de todas las capacidades que necesite para el cumplimiento de la misión.

² Un juicio crítico es una valoración que se realiza al acabar un ejercicio táctico en el que se identifican tanto aspectos positivos como negativos buscando una posible solución a estos últimos para después registrarlos en un documento de lecciones identificadas y aprendidas.

³ Full-dúplex: es uno de los 3 modos de transmisión según su direccionalidad. El full-dúplex se caracteriza por la posibilidad de transmisión simultánea de emisor y receptor



Gama de frecuencia:	De 30 MHz a 2 GHz
Autonomía:	15 horas
Alcance:	800m con visión directa 250-300m en urbano
Tipo de radio:	UHF(Voz/datos)
Modo de trabajo:	Full-dúplex
Potencia de transmisión:	250mW

Tabla 1. Datos técnicos PNR-500. Fuente: AGM-TM-101.Elaboración propia.

- **Radioteléfono PR4G:** Es el principal medio para el C2 de toda pequeña unidad. En las compañías de fusiles se emplean para el enlace entre Jefe de Compañía y los Jefes de Sección. Así mismo, también puede ser empleada para el enlace de los Jefes de Sección con sus Jefes de Pelotón. La PR4G, se trata de una radio de VHF que a diferencia de los antiguos radioteléfonos que solo trabajaban en una frecuencia fija incorpora módulos TRANSEC (salto de frecuencia-SFR) y COMSEC (cifrado) que permiten que las comunicaciones sean mucho más seguras frente a posibles acciones de guerra electrónica. Así mismo, cobra especial relevancia el rango de frecuencias en el que trabaja (ver Tabla 2) ya que este permite la interoperabilidad con las radios Harris AN/PRC-117G (Falcon III) y la Harris RF-5800-H (Falcon II). Por otra parte, destaca su capacidad para transmitir tanto voz como datos. Sus datos más técnicos se especifican en la Tabla 2. (Mando de adiestramiento y doctrina, 2017)



Ilustración 4. PR4G-V3, Fuente: Infodefensa.



Frecuencia	Rango de frecuencias:		De 30 MHz a 87,975 MHz
	Número de frecuencias de trabajo:		2320
	Número de canales:		7
Tipo de radio	VHF		
Modo de trabajo:	Dúplex ⁴ y Símplex ⁵		
Alimentación	Portátil/ móvil:		De 11 a 30V
	Vehicular:		De 18 a 33V
Potencia emisión	Portátil/móvil:		0,5W/5W/10W
	Vehicular:		0,28W/5W/50W
Alcance (depende de climatología, terreno y potencia transceptores por lo que son valores aproximados y emitidos a máxima frecuencia)	Portátil/ móvil:	Antena de varilla o fleje:	6-8km
		Antena VHF mástil:	12-15km
	Vehicular:	Antena vehículo:	20-25km
		Antena VHF mástil:	45-50km
Modos de trabajo:	Modos de Frecuencia Fija Analógica (sin cifrar):		FFG-Frecuencia Fija General
			FFC- Frecuencia Fija Canal
	Modos Digitales:		SFR- Salto de Frecuencia
			BCL- Búsqueda Canal Libre
			MIX- Modo Mixto (SFR o BCL)
	Modos IP:		FD- Frecuencia Fija Digital
SAP			Transmisión de datos
		MUX	Transmisión simultanea de voz y datos

Tabla 2. Datos Técnicos radioteléfono PR4G. Fuente: AGM-TM-101, Elaboración propia,

Ya habiendo quedado vistos todos los medios de los que disponen las compañías de fusiles para ejercer el mando y control, se puede afirmar que estos son bastante escasos. Así mismo, cabe destacar que todos estos medios tienen como principal desventaja que en caso de perder el enlace radio se pierde toda capacidad de poder dirigir y coordinar las secciones de una compañía.

⁴ Dúplex: es uno de los modos de transmisión según la direccionalidad. En este modo la transmisión de datos es posible en ambos sentidos, pero no de una forma simultánea.

⁵ Símplex: es uno de los modos de transmisión según la direccionalidad. En este solo es posible la transmisión en un sentido, es decir, el receptor no puede transmitir. En la PR4G sería cuando funciona en escucha.



3.3 Estado del arte de los sistemas de mando y control

Como ya se ha mencionado anteriormente, el BMS es el sistema de C2 utilizado por las pequeñas unidades de Infantería del Ejército de Tierra. Su principal problema entre otros detectados se encuentra en su imposibilidad para ser desembarcado debido a la escasa duración de sus baterías.

Pasando a otros sistemas de mando y control, actualmente destacan dos: (i) FACNAV y (ii) Android Team Awareness Kit, conocido como ATAK. Ambos ya han sido usados por el ET, FACNAV, recientemente en el ejercicio táctico 'Adriatic strike 2023' en Eslovenia (Ejército de Tierra noticias, 2023), y el ATAK en Irak durante la NATO Mission NI-III (para el ET misiones AI-XV).

En cuanto al primer sistema mencionado (FACNAV), este es un sistema menos conocido, aún en desarrollo. Se trata de un sistema de gestión del campo de batalla noruego desarrollado por la empresa Telephan Globe Information diseñado para el apoyo al planeamiento y ejecución de operaciones militares desde unidades entidad Grupo Táctico hasta el nivel escuadra, integrando diferentes capacidades de combate⁶. Este sistema, operable desde los sistemas operativos Windows y Android, nace en 2007 para satisfacer la necesidad del Ejército Noruego de disponer de un sistema de mando control para la gestión de las unidades y de la información en Afganistán de manera rápida y sencilla. (Erling Tjeldvoll, 2023)

Una de sus mayores ventajas competitivas es la interoperabilidad con medios y sistemas OTAN de diferentes países de la alianza (entre ellos: Suecia, Finlandia, Dinamarca, Alemania y España) y con sistemas TAK (empresa gestora de ATAK). Incluye muchas capacidades entre ellas: (i) geolocalización de las unidades sobre el plano, (ii) la obtención de información para su posterior transformación en inteligencia (funciones ISR), (iii) la integración de diferentes sistemas que permiten la gestión y consciencia situacional de las tropas amigas y enemigas en el espacio terrestre, aéreo y naval (es interesante conocer que es lo que ocurre en el espacio aéreo por encima de las unidades terrestres con el fin de solicitar acciones CAS⁷ (Close Air Support) , y en lo referente al espacio naval para la solicitud de acciones de fuego desde piezas de artillería naval), (iv) corrección y calificación de fuegos, y (v) comunicaciones que permiten el envío de mensajes instantáneos y de paquetes de datos en una sala de chat privada.

Por último, es importante destacar la principal limitación que tiene, la cual es que FACNAV se trata de un software privado y cerrado a sus clientes, lo que conlleva un gran desembolso económico para la institución (es por esto por lo que se ha descartado desde el primer momento debido a la imposibilidad de investigar y trabajar con este sistema). Además, al tratarse de un software privado hace que el cliente no evolucione sus

⁶ Capacidades de combate: Son las diferentes funciones que ejecuta cada especialidad fundamental o arma: los fuegos de Artillería, la movilidad y contra-movilidad de Ingenieros, el enlace de Transmisiones...

⁷ CAS: acciones de fuego realizadas desde aeronaves en apoyo a unidades terrestres.



capacidades al ritmo de los avances tecnológicos de diferentes sistemas abiertos a la investigación y desarrollo que pueda venir de fuentes externas. Esto es un arma de doble filo, ya que, aunque sea un sistema exclusivo puede constituir una desventaja frente al enemigo.

El segundo de los sistemas mencionados (ATAK), es un sistema norteamericano que nace en 2010 con el objetivo de crear un sistema que permitiese el intercambio de información en un dispositivo móvil en el ámbito de defensa y que fue incorporada en 2018 al Ejército del Aire de los Estados Unidos (United State Air Force - USAF) tras diferentes y exigentes pruebas de testeo durante los años 2014 y 2015. Esta aplicación se basa en la geolocalización para la consciencia situacional que junto con otras herramientas hacen de esta aplicación una de las mejores para poder ejercer el mando y control de diferentes tipos de unidades pasando desde unidades de emergencia como los bomberos hasta unidades de combate tanto aéreas como terrestres. En España, en 2020 ya sonaba como tendencia detectada en la Revista Ejército para la interoperabilidad de unidades convencionales con la de otras naciones aliadas (Ejército de tierra, 2020), aunque no fue hasta 2022 cuando en la NM-III fue usada por el ET.

A continuación, en los siguientes apartados, se va a realizar un análisis en profundidad de la aplicación ATAK como futuro sistema para el mando y control de las unidades de Infantería a pie.



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Una vez conocidos los medios para el mando y control en las compañías de fusiles de unidades de Infantería a pie y determinado que estos se quedan cortos para el buen ejercicio del mando y control de una unidad, teniendo en cuenta el estado del arte actual, al BIMT “Guipúzcoa” se le han presentado las dos líneas de investigación mencionadas en el apartado 3.2 y el Batallón se ha decidido por investigar sobre la línea del sistema de mando y control ATAK como una posible solución a los problemas que sufren las pequeñas unidades que combaten a pie.

Para poder profundizar en la decisión del Batallón, primero se han de conocer las capacidades que dicho sistema ofrece y sus limitaciones y valorar si estas están en la línea de las necesidades determinadas como esenciales para ejercer el mando y control.

4.1 Capacidades del sistema ATAK.

Para la realización del análisis de la aplicación Android Team Awareness Kit se ha revisado el manual de usuario guía de la aplicación y las transparencias del curso impartido en la BRILAT para la NATO Mission III en Irak; se ha recurrido a páginas web entre las que destaca atakblogares.com y atakhq.com, las cuales explican el funcionamiento y puesta en funcionamiento de las diferentes herramientas que incorpora la aplicación; se ha recurrido a la consulta de foros como ATAK Spain en Telegram o ATAK en Discord, donde diferentes usuarios incorporan material acerca del funcionamiento y configuración de herramientas o en el caso del canal de ATAK Discord los usuarios comparten nuevos plug-in que aportan más capacidades a este sistema de mando y control; y por último se han realizado diversas practicas experimentales con el fin de probar su aptitud. Para estas prácticas experimentales se ha contado con la ayuda del Cabo Primero Jonathan Higuera Orjuela, el cual cuenta con una amplia experiencia y conocimientos en este sistema.

Pasando al análisis de la aplicación, las capacidades detectadas fueron las siguientes:

Cartografía

La aplicación ATAK permite la importación de diferentes tipos de cartografía, tanto de uso online como servicios WMS (Bing Maps Hybrid, Bing Maps Satellite, Google Maps, IGN...) como de uso offline ya sean planos militares, imágenes georeferenciadas o de producción propia en extensiones de uso común como .kmz, .tiff o .mbtiles. Esto es muy útil en lo que refiere en la fase de planeamiento a la hora de sacar deducciones y conclusiones del factor terreno, pues este es un gran condicionante de la maniobra y de las progresiones o aproximaciones.

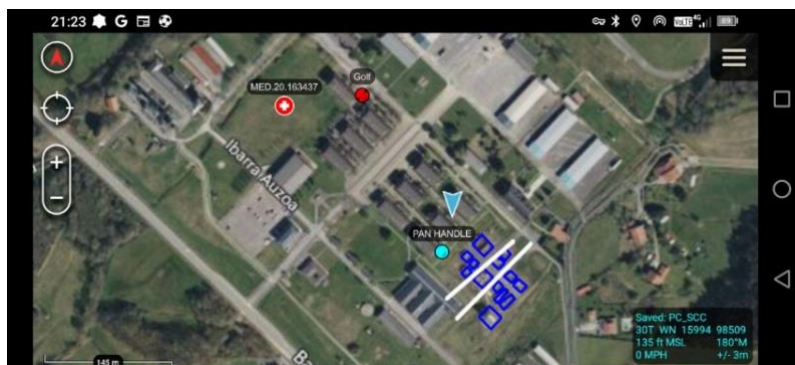
En lo que refiere al terreno, ATAK permite cargar tanto modelos digitales del terreno como modelos digitales de superficie, lo que es bastante interesante a la hora de planear operaciones ya que estas capas vectoriales abren a este sistema la puerta a las herramientas de crear un perfil de elevación de una ruta o el determinar vistas visibles y ocultas desde un punto del terreno (herramienta bastante útil a la hora de determinar por donde desplazarse hacia un punto sin ser visto por las posiciones del enemigo).



Geolocalización

El sistema de mando y control ATAK permite la localización de las unidades en el plano a través de la conexión de los dispositivos que lo albergan. Esta capacidad es la capacidad estrella de la aplicación ya que es la que da mayor apoyo al jefe para la coordinación y dirección de las operaciones durante su ejecución.

Así mismo, la geolocalización por GPS es de gran ayuda a la hora de navegar y de sacar coordenadas de un punto.

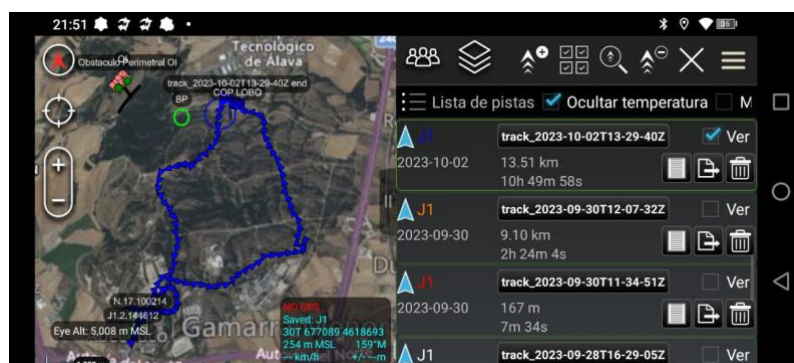


*Ilustración 5. Visor de ATAK con la geolocalización de diferentes usuarios.
Fuente: Elaboración propia*

En la Ilustración 5, se pueden ver diferentes unidades en una progresión en un ejercicio táctico de combate en zonas urbanizadas, donde Golf es la 1ª sección de la 1ª Cia Toro, Pan Handle es la 2ª sección y la flecha es el jefe de la Cía. alias Toro.

Generación de rutas, tracks y waypoints

ATAK permite crear rutas manualmente introduciendo diferentes puntos de control o verificación dando la posibilidad de exportarlo a archivo .gpx o .kmz para ser posteriormente compartido a otros usuarios. La aplicación es también capaz de generar y memorizar un track a través de un recorrido andado con la herramienta “Historial de Seguimiento” (ver ilustración 6).



*Ilustración 6. Track generado automáticamente de un recorrido andado.
Fuente: Elaboración propia.*



En la ilustración que se muestra a continuación (Ilustración 7), se puede ver el gestor de rutas desde el cual se puede crear (pulsando en el símbolo de más), importar, o seleccionar para posteriormente exportar la ruta creada.

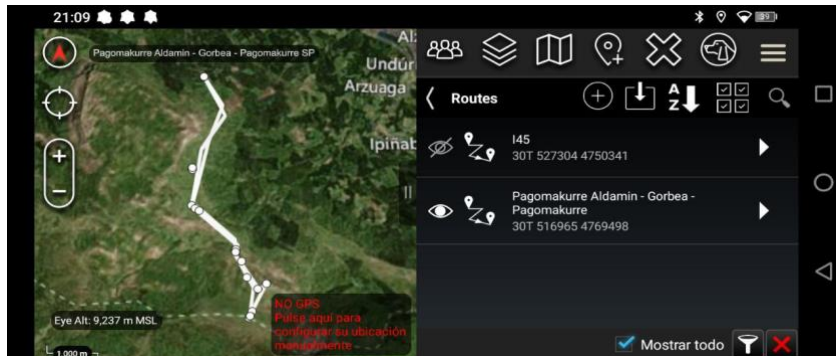


Ilustración 7. Gestor de rutas en ATAK. Fuente: Elaboración propia.

ATAK, también permite el marcaje y memorización de waypoints en el plano con diferentes simbologías es también una de las capacidades que ofrece ATAK. Cabe a destacar que entre esta simbología se encuentra la simbología táctica militar tanto de unidades, equipos e instalaciones de todos los tipos posibles.

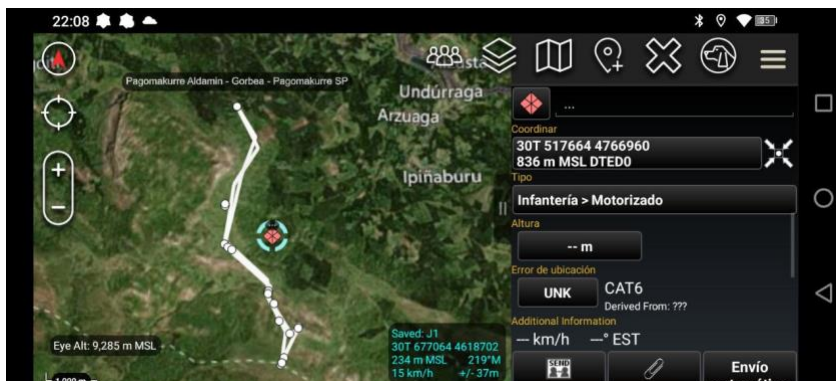


Ilustración 8. Visor de ATAK al marcar waypoints con simbología NATO. Fuente: Elaboración propia.

Navegación automática

A través del plug-in VNS, ATAK es capaz de generar una ruta automática de forma offline y online entre dos puntos marcados en el plano. Es de gran utilidad para una navegación a vehículo, aunque esta también permite elegir el método de transporte siendo “a pie” una de las opciones para el cálculo de la ruta.

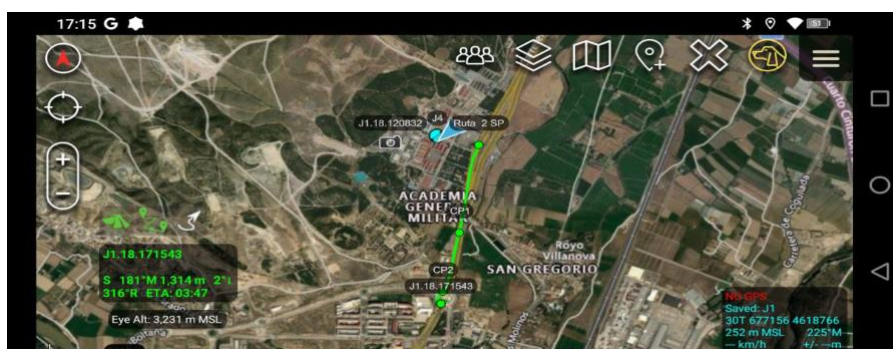


Ilustración 9. Generación de una ruta con la herramienta Navegación Rápida y VNS. Fuente: Elaboración propia.



Herramientas de dibujo

Las herramientas de dibujo en ATAK son de gran utilidad para generar y compartir con el resto de los usuarios la maniobra que se ha planeado. Así mismo, es de gran utilidad para el mando el poder dibujar en el plano líneas de coordinación que sean superponibles a la cartografía de manera que, junto con la capacidad de geolocalización del resto de usuarios, pueda tener una consciencia actualizada de la posición de sus unidades en todo momento. También es útil para la generación de Kill-Box para combate en zonas urbanas (ver ilustración 10).



Ilustración 10. Kill-Box diseñada con las herramientas de dibujo de ATAK. Fuente: Elaboración propia.

Envío de paquetes de datos

ATAK permite la generación y envío entre diferentes usuarios de paquetes de datos. Estos datos pueden ser desde waypoints, tracks, fotos, vídeos, informes tipo CASEVAC, IED/UXO o TUTELA. El envío de paquetes de datos en ATAK se puede efectuar de diferentes maneras en función del método de conexión que se emplee entre dispositivos (ver en el apartado conectividad).



Ilustración 11. Gestor de paquetes de datos. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración anterior (ilustración 11), se puede ver el gestor de paquetes de datos. En particular, este paquete de datos se componía de diferentes dibujos y waypoints de simbología militar que materializaban gráficamente el esquema de la maniobra de un ejercicio táctico en el CMT de Araka.



Transmisión de vídeo en directo

A través del plug-in TAK-ICU, ATAK permite la retransmisión de video en directo de un usuario a todos los usuarios conectados entre sí (ver la ilustración 12). Este video sale georreferenciado en el plano, marcando la orientación con la que la cámara está retransmitiendo la imagen de video.

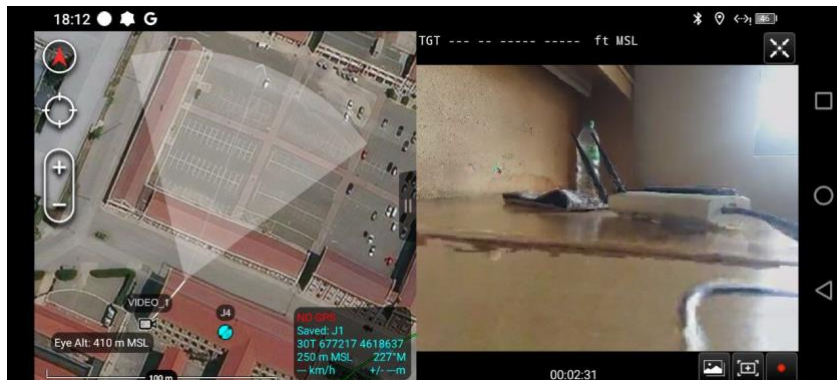


Ilustración 12. Video en directo a través de TAK-ICU. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, también existe la posibilidad de retransmitir video en tiempo real a través del plugin UAS Tool, el cual permite operar un UAV o UGV desde la propia aplicación de ATAK. Entre las capacidades de este plugin se encuentra la de transmitir imagen en directo georreferenciando el video de la zona sobre la que se encuentra el vehículo no tripulado. Este plug-in es de gran ayuda para los reconocimientos de combate, ya que permite al mando tener desde la distancia una imagen actualizada en tiempo real de la zona a reconocer, evitando y reduciendo posibles riesgos. Así mismo, permite calificar los fuegos simplificando luego su corrección.

Comunicaciones

ATAK dispone de diferentes formas de comunicaciones, entre ellas las más útiles son el Chat y el plugin de MultiCast Voice. El Chat de ATAK permite enviar desde paquetes de datos a mensajes de texto (ver ilustración 13). En cuanto al plugin Multicast Voice tiene 3 formas de trabajo: Mumble, Multicast y mixto. El plugin permite trabajar en 2 modos en un canal como si fuese una malla de radio con un PTT funcionando en dúplex o en llamada selectiva funcionando en full-dúplex como si de una llamada telefónica se tratase (ver ilustración 14).

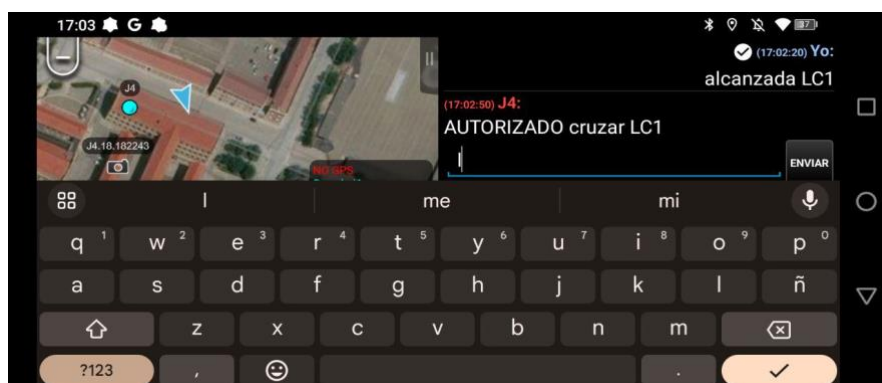


Ilustración 13. Chat con otro usuario. Fuente: Elaboración propia.

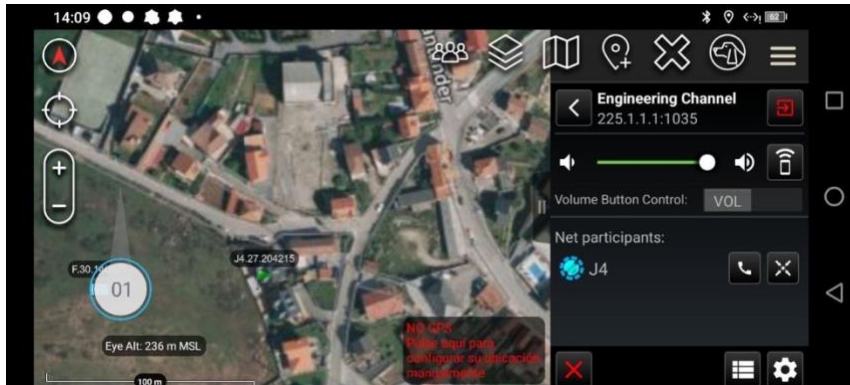


Ilustración 14. Comunicación por voz con plug-in Multicast. Fuente: Elaboración propia.

Interoperabilidad con Garmin

Desde mediados de septiembre de 2023 ATAK es capaz de integrarse dentro de dispositivos gamín y otros relojes inteligentes, permitiendo así evitar la necesidad de utilizar el teléfono móvil por la noche, ya que el brillo de la pantalla puede suponer un riesgo para el transcurso de operaciones en zona controlada por el enemigo delatando al combatiente.

Así mismo, esta capacidad es de especial interés para no tener que recurrir constantemente al teléfono para visualizar la aplicación.



Ilustración 15. Reloj Garmin conectado con ATAK. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 16. Menú de herramientas ATAK con plug-in TAK Watch. Fuente: Elaboración propia.

Interoperabilidad con diferentes medios de transmisión

ATAK es un sistema que puede operar con diferentes medios de transmisión, puede funcionar con:

- Harris Falcon II y III.
- Walkie Talikie Baofeng a través del plugin HAMMER.
- Internet a través de datos móviles o wifi (ya sea con una VPN o un servidor).
- Con puntos de acceso externos como Ubiquiti Rocket M2 con firmware OpenWRT.



Con cualquiera de estos medios los usuarios de ATAK pueden mantenerse enlazados, compartir datos, compartir su posición...



*Ilustración 17. Harris Falcon II con ATAK.
Fuente: Devtsix.com*



*Ilustración 18. Baofeng con ATAK.
Fuente: soldiersystems.net*

Actualización automática de la situación táctica en el plano

A través del plug-in Data- Sync, ATAK es capaz de actualizar el visor del plano de todos los marcadores tanto de waypoints como de incidencias. Esta capacidad solo está disponible cuando se usa el ATAK a través del TAK-Server. Es de especial interés para el mando ya que le permite tener consciencia y conocimiento del estado de la zona de operaciones actualizada en todo momento.

4.2 Implementación del ATAK en una compañía de fusiles

Tras haber revisado la documentación, manuales, visualizado videos y recurrido a diferentes foros, y habiendo determinado y conocido cuales son las capacidades del ATAK, se ha pasado a la fase de implementación en una compañía de fusiles, en particular se hicieron todas las practicas con la primera compañía "Toro" del BIMT I/45. Además, se contó con la ayuda y asesoramiento del Cabo Primero Higuera para aquellas de mayor complejidad.

Para su implementación en la compañía se contó con un total de 4 móviles Android diferentes: el del capitán Jefe de Compañía, 2 móviles de los tenientes jefes de sección y el del jefe de tiradores de la compañía. No obstante, lo ideal sería bajar hasta el nivel de pelotón y que los jefes de pelotón también contasen con un dispositivo con ATAK cargado.

Las practicas realizadas se basan principalmente en la experimentación del sistema de mando y control ATAK con 2 medios diferenciados para la conexión de los usuarios: (i) conexión vía internet con datos móviles a un servidor y (ii) conexión con unas radios de elaboración propia con la base en el dispositivo Ubiquiti Rocket M2 para la transmisión.



4.2.1 TAK Server

TAK Server se trata de un servidor online que consiste en una plataforma de gestión de la información táctica. Este servidor proporciona acceso, almacenamiento y cifrado de datos. Así mismo, permite la conexión entre los diferentes clientes a través de la conexión a internet, ya sea con Wifi o con datos móviles. (TAK.gov, 2023)

En cuanto a la instalación este servidor para la conexión de los diferentes usuarios requiere de varios pasos, pero se puede resumir en: (atakblogares.blogspot.com, 2023)

- La creación de un droplet online, en este caso se ha usado la página Digital Ocean y el sistema operativo de Ubuntu para su creación, ya que era la opción más económica.
- La instalación de TAK-Server en el servidor online que se ha creado previamente. Así mismo, previamente se ha descargado un archivo de TAK-Server de la página de tak.gov. Para el proceso de instalación de este servidor en el droplet creado en el paso anterior, se requiere de ciertos conocimientos de informática como programación.
- La creación de certificados para los diferentes usuarios que tendrán acceso al TAK-Server desde su dispositivo móvil.

Las practicas experimentales con el servidor oficial de TAK, se realizaron durante el desarrollo de una jornada de instrucción continuada, día en el que se realizó un tema táctico tanto en entorno urbano como convencional, por lo que fue de gran utilidad para ver su desempeño como sistema de mando y control en diferentes situaciones. Las pruebas experimentales fueron las siguientes:

1. Comprobación de la geolocalización de los diferentes usuarios:

En el desarrollo de esta prueba experimental, se detectó que en ambiente urbano existen zonas de los edificios, especialmente en sótanos dónde la cobertura de telefonía se pierde y con ello la actualización de la posición de las unidades subordinadas.

En cuanto a la fase en combate convencional en el campo, se detectó que en ocasiones el ATAK con los datos móviles llega donde las radios con radiofrecuencia no llegan, ya sea o bien por alcance o por zonas grises (en este caso se contaba con el radioteléfono PR4-G, los cuales no tienen un gran alcance). En el ejercicio táctico realizado, el capitán no disponía de enlace radio con el teniente, por lo que la medida de coordinación de avisar de que se encontraba en posición en la línea de coordinación 1 (LC1) por radio a la voz no fue posible, pero, sin embargo, gracias al ATAK con la geolocalización del usuario del teniente, el capitán fue capaz de ver que la 1ª sección se encontraba en LC1. De esta manera se pudo seguir ejerciendo el mando y control.



2. Envío de paquetes de datos:

Para la comprobación de la eficacia del envío de datos se realizaron tres pruebas:

La primera vez se realizó durante la fase de planeamiento cuando el teniente recibió del capitán el esquema de la maniobra y las diferentes líneas de coordinación pintadas como un superponible. De esta manera se podía seguir perfectamente la maniobra.

La segunda vez, fue el envío de un “*Pic Rápido*” de la patrulla de reconocimiento (PRE) conformada por el equipo de tiradores de precisión del teniente de la primera sección desde una altura. Dicha foto permitió el poder disponer de una imagen actualizada de las avenidas y edificios de la población sobre la que se iba a operar, aumentando así la calidad del planeamiento.

Por último, durante la ejecución del ejercicio táctico en la fase de combate en zonas urbanas, donde tras haber provocado una baja civil (simulada), el jefe de sección se dispone a enviar un informe 9 líneas (CASEVAC) para la evacuación del civil.

3. Uso del plug-in DATA-SYNC:

Esta prueba consistió en el marcaje de dos puntos en el plano por los tiradores los cuales, realizando sus tareas de observación y de reconocimiento, levantaron dos posiciones defensivas de entidad pelotón y las ubicaron en el plano. Inmediatamente, se actualizó el visor del plano de todos los dispositivos, permitiendo así tener una consciencia situacional de las de operaciones actualizada.

4. Uso del Chat entre usuarios:

Cuando la 1ª sección se posicionó sobre LC1 en la fase de combate convencional del ejercicio, se carecía de enlace radio entre el jefe de compañía y el jefe de la 1ª sección, por lo que al ver que la 1ª sección se había detenido en LC1 a la espera de confirmación para su cruce, el capitán a través del chat dio la orden de cruzar LC1. Esto permitió seguir la maniobra a pesar de carecer enlace radio.



4.2.2 Ubiquiti Rocket M2 con OpenWrt

Ubiquiti Rocket M2 se trata de un acceso externo de 2,4 GHz diseñado para conexiones red de punto a punto y de punto a multipunto. Este es capaz de alcanzar tasas de transmisión de hasta 150 Mbps. Para el desarrollo de las pruebas experimentales se utilizarán los dispositivos Ubiquiti Rocket M2 flasheados⁸ con un firmware conocido como OpenWrt que utiliza como protocolo el 802.11s, generando así una estructura de malla tipo MANET (Mobile Ad Hoc Network).

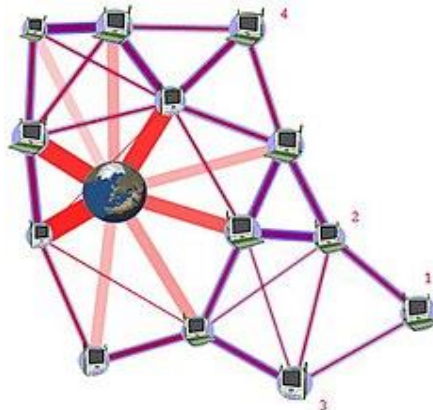


Ilustración 19. Arquitectura protocolo 802.11s. Fuente: Wikipedia

Este punto de acceso externo tiene como finalidad permitir el uso de ATAK sin necesidad de recurrir a internet en lo que refiere a las conexiones, es decir, podría asemejarse a una radio MANET. Así mismo, cabe mencionar que estas “radios” permiten generar una red local a la que pueden conectarse otros dispositivos electrónicos en los que esté instalada la aplicación de ATAK, creando así una conexión entre ellos similar a la de una VPN.

Los requerimientos de materiales para la creación de las radios son los siguientes:

- Punto de acceso externo Ubiquiti Rocket M2.
- Un cable PoE⁹, que tenga un puerto macho que drive en dos puertos hembra (uno será para el flujo de datos y otro para la alimentación).
- Batería externa de 12V.
- Dos cables con una clavija tipo RJ45 en un extremo y en el otro extremo tipo C.

⁸ Flashear: se define en informática como la acción de escribir sobre una memoria flash, mediante un cable. En este caso consiste en la instalación de un firmware.

⁹ Power over Ethernet: es una tecnología que permite alimentar un dispositivo a través de ethernet a una infraestructura de red local (LAN).



Todo junto integrado queda de la siguiente forma:

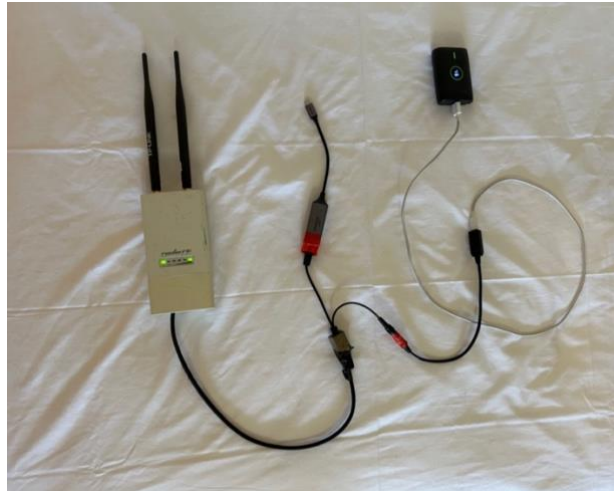


Ilustración 20. Radio de construcción propia. Fuente: Elaboración propia.

En lo que refiere a capacidad de alcance, este dispositivo permite mantener el enlace a una distancia de unos 800 metros con visibilidad directa (LOS) (Página web atakhq.com , 2023), y entorno a 450 metros sin visibilidad directa (NLOS).



Ilustración 21. Alcance NLOS Ubiquiti Rocket M2 fuente: Elaboración propia.



Ilustración 22. Alcance LOS Ubiquiti Rocket M2. Fuente: atakhq.com

Por otro lado, atendiendo a la autonomía de la Ubiquiti, se debe tener en cuenta que la duración en funcionamiento depende del amperaje de la batería externa que se le conecte. En este caso, la batería que se conectó para el estudio era de 10000mAh y teniendo en cuenta que el consumo de energía medio en una hora de la "radio" es de 6.5W, la batería tendría unas 6 horas de autonomía aproximada.

Para probar su funcionamiento, se realizaron diferentes prácticas experimentales durante un grupo de Alfas que se ejecutaron en el CMT de Araka (Vitoria-Gasteiz) desde el 2 de octubre hasta el 6 de octubre de 2023. Entre las que se hicieron destacan por su potencial a la hora de realizar un planeamiento y ejecución:



1. Seguimiento de unidades subordinadas de una sección con la geolocalización:

Para comprobar que la geolocalización funciona con este método de conexión, se aprovechó la oportunidad en el desarrollo de un ejercicio de instrucción que consistió en un golpe de mano a una edificación. En el ejercicio, se destacó al equipo de tiradores de la sección para realizar un reconocimiento de combate desde una posición dominante sobre dicha edificación. Los tiradores llevaban consigo una “radio” como la de la figura 17 con la que se pudo monitorizar su posición en todo momento. Esto es de gran utilidad cuando hay que destacar un elemento para realizar algún cometido descentralizando el mando.

2. Envío de datos:

Durante el ejercicio de instrucción de un golpe de mano mencionado anteriormente, los tiradores al entrar en la posición dominante del terreno a través de la aplicación ATAK conectada a la Ubiquiti fueron capaces de enviar una foto del objetivo donde se podía ver la presencia de enemigos. Esto fue de gran utilidad para la confirmación de la presencia de enemigo en el objetivo y para ayudar al mando a tomar una decisión con información actualizada y poder variar su maniobra sobre el objetivo en función de esa información, ya que en la orden fragmentaria recibida por el jefe de sección indicaba que no se esperaba presencia enemiga sobre el objetivo.

Por otro lado, aunque ya se había comprobado el envío de datos (imágenes) a través de este sistema con la acción anterior, también, durante otro ejercicio consistente en una limpieza de IED's¹⁰ sobre un itinerario, se realizó una prueba de envío de un mensaje 10 líneas IED/UXO Report¹¹ tras haber realizado el procedimiento 5C's¹².

3. Comunicación por voz:

Gracias a la herramienta MultiCast Voice, durante el ejercicio de limpieza de rutas, el jefe de pelotón con su teléfono conectado al acceso wifi generado por la “radio” Ubiquiti era capaz de mantener el enlace por voz con el jefe de sección. Con las comunicaciones el jefe del pelotón de vanguardia iba informando al teniente cuando se encontraba a 100m de un punto de paso obligado o hotspot con el fin de hacer un alto y reconocer dicho punto. Esta herramienta constituye una gran ayuda para el mando para integrar y combinar distintas capacidades en un mismo medio, en este caso el

¹⁰ IED: Improvised Explosive Device

¹¹ IED/UXO Report: se trata de un mensaje que consta de 10 líneas (campos de información) a rellenar para informar al escalón superior del hallazgo de un artefacto explosivo.

¹² Procedimiento 5C's: consiste en las acciones de: confirmar, limpiar (clear), acordonar (cordón), avisar (call) y controlar.



dispositivo electrónico en el que está cargado el sistema ATAK.

4. Uso de la herramienta UAS Tool para la obtención de imágenes aéreas:

Aunque esta práctica no se hizo en el marco de un ejercicio táctico, se contó con un dron que se conectó a la aplicación de ATAK y el cual era completamente operado desde esta, ofreciendo imagen en directo como un superponible o como video en directo para todos los usuarios. Durante el vuelo realizado, se marcaron puntos en el terreno los cuales podrían corresponderse a impactos de granadas de morteros si se usara durante un tiro de la sección de morteros del batallón o de armas de una compañía, permitiendo así poder calificar el tiro para posteriormente corregirlo con sus cálculos pertinentes.

Por otro lado, durante el vuelo, el operador mostró que con el dron se podría programar un vuelo con la realización de diferentes fotos para luego generar un modelo digital de superficie de la zona de vuelo, lo cual es interesante para el planeamiento a la hora de usar la herramienta de elevación de vistas visibles y ocultas.

Tras haber realizado todas estas prácticas tanto con TAK-Server como con Ubiquiti se han podido comprobar todas las capacidades que este sistema ofrece para el mando y control de una compañía de fusiles.

4.3 Limitaciones de la aplicación ATAK como C2iS

Tras haber implementado en la 1ª compañía "Toro" el sistema de mando y control ATAK durante diversos ejercicios de instrucción y adiestramiento en el campo, se ha podido comprobar que son múltiples las capacidades las que esta aplicación pone a disposición del mando para facilitar la toma de decisiones. Sin embargo, durante estas pruebas que se han llevado a cabo, se han detectado varias limitaciones que han sido reflejadas por el personal encuestado (Anexo D) y se van a destacar a continuación.

En un primer lugar, el principal problema que se le encuentra a la aplicación de ATAK es la alta demanda de batería que requiere durante su funcionamiento en el dispositivo electrónico en el que está instalada. Esto se debe a que es una aplicación con múltiples funciones que está constantemente actualizando información y usando el GPS del teléfono, por lo que es normal que la batería del teléfono se vaya desgastando de una manera más rápida que lo normal.

En segundo lugar, se ha detectado que para los usuarios puede llegar ser bastante compleja de manejar y poner en funcionamiento algunas capacidades, como el TAK-Server que requiere de conocimientos de programación informática. A pesar de disponer de guías de usuario dentro de la aplicación, en muchas ocasiones no son suficientes para que el usuario llegue a tener pleno conocimiento de la aplicación.

Por último, tras la realización de la encuesta (Anexo D), entre los encuestados se ha reflejado su preocupación por la existencia de posibles brechas a la hora de transmitir información con seguridad a la hora de trabajar con los puntos de acceso. Esto se debe a que, aunque estas tienen seguridad (el TAK-Server cuenta con certificados TLS y la radio Ubiquiti con seguridad WPA3 con mínimo 72 bits), carecen de claves COMSEC de cifrado.



4.3.1 Soluciones a las limitaciones detectadas

Detectadas las limitaciones del sistema y con la intención de poder dejar el camino hecho para la futura implementación del ATAK en las compañías de fusiles, a continuación, se van a dar soluciones a las limitaciones detectadas en el apartado anterior

Como solución a los problemas de batería en los dispositivos, se propone la compra de dispositivos móviles ruggedizados (ver ilustración 24) que suelen tener baterías de mayor amperaje y por ende mayor duración. Para una mayor eficiencia en términos de duración de la batería se aconseja que estos dispositivos solo se utilicen exclusivamente para el uso del ATAK. También es aconsejable portar baterías portátiles con varias cargas, baterías de 20000mAh son suficientes.



Ilustración 23. Batería portátil de 26800mAh. Fuente: Amazon



Ilustración 24. Móvil ruggedizado DOODGEE de 12500 mAh. Fuente: Amazon

En cuanto a la segunda limitación detectada, se podría proponer la contratación de servicios de expertos y desarrolladores de la aplicación para la redacción de una guía de usuario a nivel ejército. Estos expertos podrían ser usuarios de la plataforma Discord¹³ como @hayttak, Ares de atakblogares.blogspot.com y de ATAK Spain Telegram¹⁴ o @crusty11b de Github.

Referente a la imposibilidad de enlace a través de ATAK de los jefes de las Compañías de fusiles con el Jefe de Batallón, se propone como línea de investigación el empleo de puntos de acceso externos con amplificadores y antenas de mástiles conectadas a vehículos en los puestos de mando de batallón de manera que el jefe de batallón pueda tener enlace con sus jefes de Compañía a través de ATAK.

Y en último lugar, atendiendo a las preocupaciones en cuanto a seguridad de transmisión de datos, podría estudiarse como una línea de investigación futura el cifrado COMSEC de puntos de acceso Ubiquiti Rocket M2.

¹³ Canal de Discord de ATAK: <https://discord.gg/q94xMwqN>

¹⁴ Canal de Telegram de ATAK: <https://t.me/atakspain>



5 CONCLUSIONES

Una vez alcanzados todos los objetivos que se propusieron en el apartado 2 de esta memoria, queda acabar este trabajo de investigación con las siguientes conclusiones:

En cuanto al primero objetivo planteado en el apartado 2 (objetivo de determinar las necesidades para el mando y control de una pequeña unidad de Infantería motorizada a pie), se ha determinado que el sistema de mando y control actual no cumple con las necesidades detectadas por los jefes de las pequeñas unidades que combaten a pie, habiendo estos fijado sus necesidades como las siguientes: (1) la consciencia situacional de la zona en la que se está operando, implicando esto la geolocalización de las unidades subordinadas en cualquier momento, (2) un sistema que permita el envío de datos como archivos gpx, pdf, fotos, video o texto, (3) un sistema que sea de fácil transporte y de tamaños manejables para una unidad a a pie, (4) que facilite la toma de decisiones tanto en la fase de planeamiento como de conducción, facilitando al jefe de la unidad el mando de la misma, (5) un sistema que integre a los ETP, (6) un sistema que a diferencia del BMS aguante la ejecución de una operación, mínimo 5 horas y (7) un sistema de mando y control que sea interoperable con varios medios tanto en dotación como fuera de esta.

Siguiendo por el segundo objetivo planteado: conocer las capacidades que ofrece para el mando y control la aplicación ATAK, se puede concluir que tras haber hecho pruebas de campo en la ejecución de ejercicios tácticos las múltiples herramientas que incorpora esta aplicación son de gran ayuda para ejercer el C2 de las pequeñas unidades a pie. Entre ellas: retransmisión de imagen en directo; envío de paquetes de datos, informes, fotos, videos; comunicación por mensajes y vía voz, el empleo de medios no tripulados como UAVs o UGVs, la importación de cartografía y modelos digitales del terreno para navegación y planeamiento y la geolocalización en el plano de otros usuarios.

Atendiendo al último objetivo de este trabajo: determinar las limitaciones de la aplicación estableciendo posibles soluciones para su mejora, se concluye que la aplicación ATAK es una aplicación que tiene pocas limitaciones realmente, entre estas solo destaca el alto consumo de batería que genera en el dispositivo móvil y la existencia de posibles brechas de seguridad en las comunicaciones. Todas estas limitaciones son subsanables como se marca en el apartado 4.3.1.

Con todas estas conclusiones, se puede decir que el objetivo principal queda cumplido satisfactoriamente, ya que se puede afirmar que de esta investigación y estudio realizados sobre la aplicación Android Team Awareness Kit, se ha obtenido como conclusión general que la aplicación es una herramienta idónea para que el jefe de pequeñas unidades de Infantería motorizada a pueda ejercer el mando y control de su unidad de la mejor manera debido al gran número de capacidades que le otorgan todas las herramientas que esta aplicación integra. No obstante, hay que seguir trabajando en el desarrollo de este sistema con la finalidad de poder subsanar las limitaciones identificadas. Para ello, se abren aquí líneas de investigación futuras (propuestas en apartado 4.3.1) como la de la creación de un manual contactando con expertos en el desarrollo de esta aplicación, el uso de amplificadores que permita el enlace con el jefe de batallón sin necesidad de internet, o el desarrollo de cifrado COMSEC en puntos de acceso externos como Ubiquiti Rocket M2.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ejército de Tierra: (2020) "TIERRA EDICIÓN DIGITAL Núm. 62 • Diciembre 2020". Disponible en: <https://publicaciones.defensa.gob.es/> (Accedido: 9 de octubre de 2023).

Ejercito de Tierra noticias, 2023 (2023). Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/de/unidades/Zaragoza/raca20/Noticias/2023/12_ejercicio_adriatic_strike_2023.html (Accedido: 8 de octubre de 2023).

Faura Martín, J. "Orientaciones: Mando y Control en las pequeñas unidades de maniobra" OR4-001 (1996).

Grupos focales: guía y pauta de su desarrollo. (2012). Disponible en: https://oei.org.ar/ibertic/evaluacion/pdfs/ibertic_guia_grupos_focales.pdf (Accedido: 18 de septiembre de 2023).

INSTALACIÓN TAKSERVER OFICIAL (2023). Disponible en: <https://atakblogares.blogspot.com/2023/05/instalacion-takserver-oficial.html> (Accedido: 18 de octubre de 2023).

Murillo Torrecilla García Hernández, J., Dolores Martínez Garrido, M., Martín Martín, C. A. y Sánchez Gómez, N. (2007) "La entrevista Metodología de Investigación Avanzada".

Página web atakhq.com , ' OpenWRT ' ' (2023). Disponible en: <https://web.archive.org/web/20230810061232/https://atakhq.com/en/manet/openwrt> (Accedido: 19 de octubre de 2023).

Página web del Ejército de tierra (sin fecha). Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Vizcaya/ril45/Organizacion/index.html> (Accedido: 28 de septiembre de 2023).

TAK.gov (2023). Disponible en: <https://tak.gov/products/tak-server> (Accedido: 18 de octubre de 2023).



7 ANEXOS

ANEXO A → Organización operativa BIMT “Guipúzcoa” I/45

ANEXO B → Entrevistas

[Entrevista jefe pelotón de transmisiones](#)

[Entrevista Capitán Simón López Castiñeira](#)

[Entrevista Erling Tjeldvoll de Telephan Globe](#)

ANEXO C → Grupo Focal

ANEXO D → Encuestas

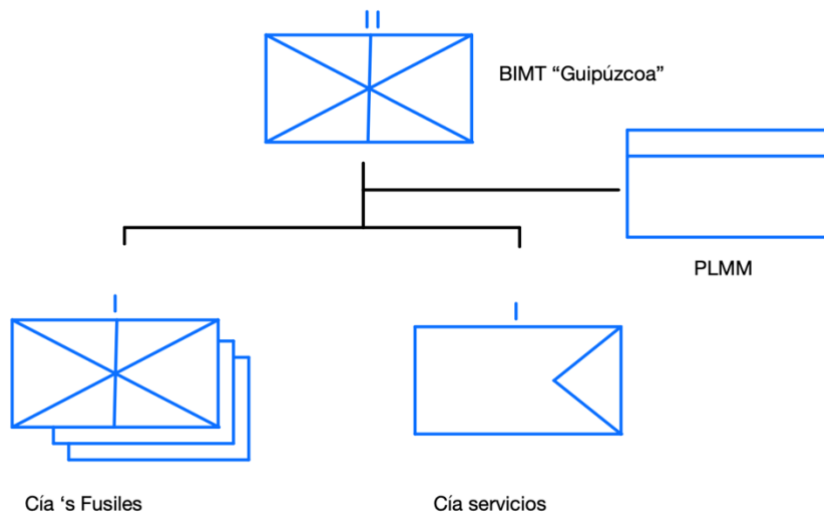
ANEXO E → Documentación de FACNAV



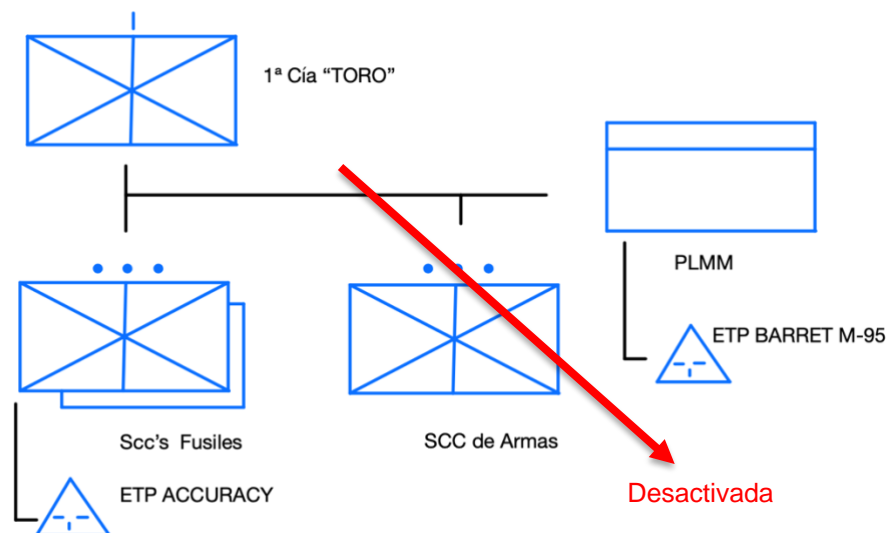
ANEXO A

Organización orgánica BIMT “Guipúzcoa” I/45

En este apartado se muestra mediante un organigrama la estructura orgánica del Batallón de Infantería Motorizada “Guipúzcoa” I/45 (único batallón del Regimiento de Infantería Garellano 45). Este BIMT se compone de 3 compañías de fusiles, una compañía de mando y apoyo, una compañía de servicios, y una Plana Mayor de Mando (PLMM).



El Caballero Alférez Cadete estuvo encuadrado en la 1ª Compañía del BIMT Guipúzcoa. Esta compañía se componía de 2 secciones de fusiles y una sección de armas que con la misión de apoyo a Ucrania (EUMAN) se desactivó y una Plana Mayor de Mando en la que se encuadran los ETP de Barret M-95.





ANEXO B

Entrevistas

En este apartado se recogen las preguntas realizadas en las diferentes entrevistas realizadas para la elaboración de la investigación. En estas entrevistas realizadas no se han transcrito las respuestas, si no que se han registrado las ideas principales, es por lo que en este anexo solo se han incluido las preguntas realizadas.

Entrevista al jefe del pelotón de transmisiones

Esta entrevista fue realizada al Cabo Primero Liébana, jefe del pelotón de transmisiones del BIMT I/45 el 6 de septiembre de 2023 con la finalidad de conocer mejor el BMS y determinar las limitaciones de este sistema. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cuáles son las principales prestaciones del BMS que facilitan el mando de una unidad? ¿Permite la geolocalización de unidades?
- Como jefe del pelotón de transmisiones ¿cree usted que el BMS es apto para el mando y control de una compañía? ¿Cuáles son las principales limitaciones de este sistema para ejercer el mando de una compañía?
- Usando la PR4G ¿Se podrían enviar archivos a través del BMS? ¿Qué tipo de archivos? ¿Cuánto tardaría?
- En lo que refiere al dispositivo que alberga este sistema, ¿lo considera usted adecuado? ¿cree usted que sería posible implantarlo con dispositivos más pequeños como móviles o tabletas digitales?
- ¿Qué valoración tiene para usted el BMS en función de sus múltiples experiencias?
- ¿Han intentado implementar algún otro sistema de mando y control en el batallón?

Entrevista al Capitán Simón López Castiñeira

Esta entrevista fue realizada el 15 de septiembre de 2023 al capitán Simón López Castiñeira (jefe de la 1ª Cía.) para determinar cuáles son las principales necesidades para ejercer el mando y control de una compañía de fusiles. Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

- ¿Considera usted el BMS apto para el mando y control de una unidad de Infantería que combate a pie?
- ¿Considera usted los medios actuales en dotación de una compañía suficientes para ejercer el mando y control de sus unidades subordinadas?
- ¿Qué funciones debe integrar un sistema de mando y control para ser apto?
- Referente al supuesto sistema de mando y control que integre los mínimos determinados anteriormente ¿qué requisitos debería cumplir el dispositivo que lo albergue?



Entrevista Erling Tjeldvoll de Telephan Globe

Esta entrevista se realizó el 11 de octubre de 2023 en inglés a través de Microsoft Teams con Erling Tjeldvoll, Business Development Manager responsable en España con el fin de conocer de manera un poco superficial y recopilar información acerca del sistema de mando y control FACNAV. Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

1. How do you define FACNAV?
2. Can FACNAV be used in a coy for C2?
3. What is its main purpose? What lines are considered to be investigated in a future?
4. How many countries are involved in the development of FACNAV? Which are these countries?
5. What are the most important functions and capabilities of this system?
6. Can FACNAV be operated in a mobile phone? Have you tested before in a smartphone? If it is yes, how was it? How long time can the mobile phone be working using FACNAV?
7. About connectivity, how it works? What does it use? Military Radios or it can work by servers in internet like ATAK?
8. It is a free software that can be developed by adding new plugins like ATAK?
9. There are different versions like ATAK-CIV for free download and ATAK-MIL?
10. Is there any possibility to use a demo or something like that?



ANEXO C

Guion Grupo Focal

En este apartado se muestra el guion del grupo focal realizado con un grupo de cinco personas: capitán jefe de la 1ª compañía, dos tenientes jefes de compañía, el sargento primero jefe de la plana y el jefe del equipo de tiradores del jefe de compañía. El moderador del grupo focal fue el autor de este trabajo de investigación. Se apuntaron en un cuaderno las conclusiones a las que se llegaron en cada punto a tratar durante la reunión la cual tuvo lugar en la sala de reuniones de la 1ª compañía.

1. Presentación:

Como el personal presente ya se conoce no hace falta presentar a nadie, únicamente se recalca que el alférez será el moderador de este grupo focal. A continuación, se explica el motivo de la reunión y el tiempo estimado de duración. El motivo es determinar las necesidades para el mando y control, y el tiempo estimado de duración de la reunión es inferior a 30 minutos.

2. Introducción:

Tras la presentación, se indican las normas de la reunión, las cuales son que las intervenciones tienen que ser de uno en uno, sin pisar la argumentación de otro componente y que, aunque no se va a grabar la reunión, sí que se apuntarán las conclusiones principales.

3. Puntos para tratar durante la reunión:

Habiendo presentado e introducido el objeto de la reunión y las normas para la participación, se pasa a enunciar los puntos a tocar en este grupo focal:

1. Uso del BMS en una compañía.
2. Experiencia con el BMS.
3. ¿Cómo se define el mando y control?
4. Necesidades de un sistema de mando y control en una compañía.

4. Resumen de la reunión

En este punto de la reunión se leen en voz alta las conclusiones obtenidas por si faltara alguna.

5. Despedida del grupo focal

Se agradece la colaboración a los participantes y se finaliza la reunión.



ANEXO D

Encuestas

En este anexo se adjuntan las encuestas en forma de formulario. Para su edición, difusión y recogida de datos se ha usado la plataforma digital de Google Forms. Todas ellas han ido dirigidas al mismo público: personal implicado en la toma de decisiones dentro del planeamiento y ejecución de ejercicios tácticos y operaciones. En total se han realizado 4 encuestas, realizadas en 2 momentos:

- Antes del uso e investigación sobre ATAK:
 - Estado actual del mando y control.
 - Encuesta inicial ATAK.
- Después de haber usado la aplicación ATAK.
 - Valoración capacidades ATAK.
 - Limitaciones de la aplicación ATAK.

Estado actual mando y control unidades a pie

Este cuestionario que se le presenta va dirigido a todo el personal que queda involucrado en la toma de decisiones dentro del planeamiento y conducción de las operaciones ejecutadas por una compañía de fusiles de Infantería a pie (CUMA's y ETP)

El objetivo de este cuestionario es detectar los problemas que presentan los sistemas de mando control actuales y conocer la opinion de los encuestados referente a estos medios.

El cuestionario es de carácter anónimo y no se guardarán datos personales referentes al usuario que contesta. El tiempo estimado para esta encuesta es inferior a 5 minutos.

varonaizaguirrediego@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

*** Indica que la pregunta es obligatoria**

Actualmente, con los sistemas y medios para el mando y control de una pequeña * unidad a pie, ¿ cree que se puede ejercer un buen mando y control ?

Sí

No



Justifique su respuesta anterior exponiendo brevemente sus motivos *

Tu respuesta

Dentro de una pequeña unidad a pie ¿cual cree que son los mayores factores limitantes a la hora de ejercer el mando y control? ¿como los subsanaría? *

Tu respuesta

Con el BMS embarcado en vehículos, se puede ver el posicionamiento de las unidades propias, agregadas incluso enemigas. ¿considera usted fundamental conocer la posición exacta y actualizada para ejercer el mando y control?

- Sí
- No

Con la radio PR4G actualmente en dotación y la cámara coral, se pueden enviar datos e imagenes través de la radiofrecuencia. ¿ Tiene en su unidad esa capacidad? *

- Si
- No

En caso de ser negativa su respuesta anterior¿considera importante poder transmitir imágenes y datos ? *

- Sí
- No



Encuesta inicial ATAK

Este cuestionario que se le presenta va dirigido a todo el personal que queda involucrado en la toma de decisiones dentro del planeamiento y conducción de las operaciones ejecutadas por una compañía de fusiles de Infantería a pie (CUMA's y ETP)

El objetivo de este cuestionario es detectar el conocimiento del que parte la cía de la aplicación ATAK y conocer la valoración que tienen los encuestados de ella antes de realizar el estudio para su posterior implementación.

El cuestionario es de carácter anónimo y no se guardarán datos personales referentes al usuario que contesta. El tiempo estimado para esta encuesta es inferior a 5 minutos.

varonaizaguirrediego@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)



No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Puesto táctico *

- Jefe de una pequeña unidad
- ETP-Equipo Tiradores Precisión

¿Tiene usted conocimiento previo del sistema ATAK-Android Tactical Awareness Kit? *



- Sí
- No



¿Ha usado alguna vez la APP de ATAK para el mando y control de ejercicios u operaciones? *

- Sí
- No

En caso de haber usado la APP ATAK en operaciones indique en cuál.

Tu respuesta _____

En caso de haber usado ATAK, siendo un 1 muy malo y un 5 muy bueno ¿qué valoración le merece dicha app para el mando y control?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Aparte del ATAK, ¿conoce otros sistemas de mando y control de posicionamiento global? *

- Sí
- No

En caso de ser afirmativa su repuesta anterior, indique el nombre y si lo ha usado.

Tu respuesta _____



Valoración capacidades ATAK

Este cuestionario que se le presenta va dirigido a todo el personal que queda involucrado en la toma de decisiones dentro del planeamiento y conducción de las operaciones ejecutadas por una compañía de fusiles de Infantería a pie (CUMA's y ETP)

El objetivo de este cuestionario es conocer la valoración que tiene el personal mencionado anteriormente tras haber usado durante el grupo de alfas la aplicación ATAK. Para ello, a lo largo del cuestionario se usará la siguiente escala de puntuación:

- "0"= nada util
- "1"= poco util
- "2"= algo util
- "3"= util
- "4"= bastante util
- "5"= muy util, indispensable

El cuestionario es de carácter anónimo y no se guardarán datos personales referentes al usuario que contesta. El tiempo estimado para esta encuesta es inferior a 10 minutos.

varonaizaguirrediego@gmail.com

[Cambiar de cuenta](#)



No compartido

Geolocalización de los diferentes usuarios

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

El uso de cartografía y planimetría offline mediante la descarga de servicios WMS desde la propia aplicación o bien mediante la importación de archivos .kmz, .tiff o .mbtiles.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



El uso de la herramienta "Point Dropper" para marcar waypoints en el plano con simbología militar tanto de unidades, instalaciones y equipos; tanto enemigos, neutros, desconocido y propios.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

La elaboración de rutas en función del medio de transporte manualmente a través de la inserción manual de puntos. Esta opción permite obtener posteriormente información como el perfil de elevación, distancia y desnivel de la ruta generada.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Uso de la herramienta "Sabueso" junto con el plug in VNS para generar una ruta automática en función del medio de desplazamiento (a pie o en vehículo) de manera offline.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



El uso de la herramienta navegación rápida para la obtención de rumbo y distancia desde la posición propia hasta un objetivo marcado.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Posibilidad de enviar informes a través de la aplicación sin tener que usar la voz. Entre ellos: mensaje CASEVAC 9 líneas, mensaje MIST 1380, IED/UXO report 10 líneas, mensaje ISR TUTELA...

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Posibilidad de dibujar la maniobra en el dispositivo para luego compartirla con otros usuarios de forma que todos puedan ubicar las diferentes medidas de coordinación y órdenes.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

El empleo de herramientas de elevación que mediante el uso de modelos digitales del terreno y modelos digitales de superficie permita elaborar un superponible de vistas visibles y ocultas desde un punto del terreno.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



La posibilidad de la vista en 3D de los accidentes del terreno con la herramienta "First Person"

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

El empleo de la herramienta "Pic Rápido" que permite ubicar una foto en el plano.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

El empleo de TAK-ICU para la retransmisión de video en directo desde otro dispositivo móvil.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Salas de chat, que permite la comunicación por mensajería y el envío de paquetes de datos (informes, pdf, fotos, videos, waypoints, tracks...):

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



La conexión con un vehículo no tripulado ya sea terrestre o aéreo (UAV o UGV) que sea operable desde la propia aplicación y permita: (i) la retransmisión en video a todos los usuarios, (ii) la superposición de imágenes, (iii) y la adquisición de objetivos de manera precisa.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

La posibilidad de conectar ATAK con un reloj inteligente como un Garmin, desde el que poder ver el plano con diferentes waypoints y poder leer las notificaciones de la app sin necesidad de usar el dispositivo móvil.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

La posibilidad de disponer de un sistema de transmisión de voz tanto en full-duplex como en semi-duplex desde la propia app con el uso del plug in "Multicast Voice".

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



En cuanto a la conectividad: valore el uso de un servidor TAK Server a través de Digital Ocean por un precio de 20€ mensuales que permite tener conectados a través de internet diferentes usuarios y el almacenamiento de datos.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

En cuanto a la conectividad: valore la posibilidad de utilizar radios que creen una estructura tipo MANET con : (i) un alcance medio de 400m con observación indirecta y 800m con observación directa, (ii) una tasa de transmisión de entre 150 mbps y 200 mbps, (iii) que permita crear una estructura que integre desde el jefe de compañía hasta los jefe de pelotón.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Valoración global de la APP ATAK como sistema de mando y control de una unidad e Infantería motorizada a pie.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Limitaciones ATAK

Este cuestionario que se le presenta va dirigido a todo el personal que queda involucrado en la toma de decisiones dentro del planeamiento y conducción de las operaciones ejecutadas por una compañía de fusiles de Infantería a pie (CUMA's y ETP)

El objetivo de este cuestionario es tras haber usado la app ATAK como sistema de mando y control en una compañía de fusiles, detectar las limitaciones que tiene ATAK y recabar ideas para mejorar el sistema.

El cuestionario es de carácter anónimo y no se guardarán datos personales referentes al usuario que contesta. El tiempo estimado para esta encuesta es inferior a 5 minutos.

¿Cuáles son las 3 principales limitaciones que usted detecta en la APP de ATAK como sistema de mando y control?

Texto de respuesta larga

.....

¿Cómo las subsanaría?

Texto de respuesta larga

.....



ANEXO E


Documentación del Sistema FACNAV

En este anexo se adjunta la presentación que recoge las principales características y funciones del sistema FACNAV tratadas con Erling Tjeldvoll en la videoconferencia llevada a cabo el día 11 de octubre de 2023 por la plataforma Google Meet.






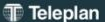
FACNAV Capability Overview




Buscar texto en documento

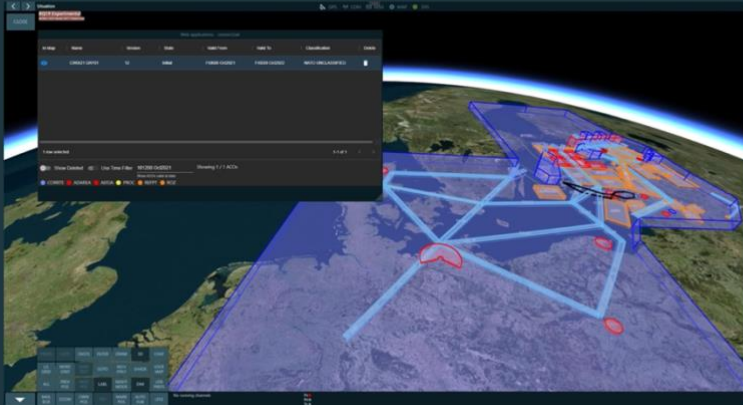
- All level BMS/BMA functionalities
- DACAS
- DAFS
- Network Enabled Weapons (NEW)
- NSFS (Naval Surface Fire Support)
- ISR Integration
- FACNAV Mobile (Dismounted)
- NATO JTS (Joint Targeting System Interoperability)






FACNAV - BMS / BMA




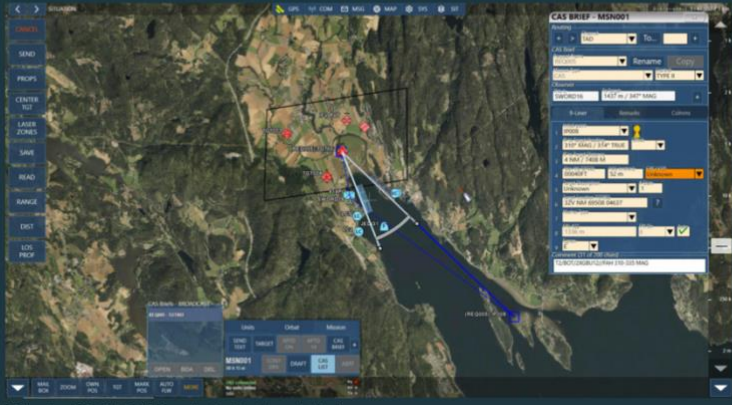


(Air Control Order (ACO) Integration 3D)




FACNAV - DACAS





(Following US Joint Staff Coordinated Implementation)





FACNAV – DACAS

(F-35 2015) (B-52 2015)

(Following US Joint Staff Coordinated Implementation)

Teleplan

FACNAV - DAFS

(Following US Joint Staff Coordinated Implementation)

Teleplan

FACNAV - DAFS

All-Arms Observer can now direct artillery and mortars directly from FACNAV without the need for a third-party system

(Following US Joint Staff Coordinated Implementation)

Teleplan



FACNAV – Network Enabled Weapons (NEW)

TARGET - TARGET UPDATE

KONGSBERG Joint Strike Missile (JSM)

Weapon Information			
Current status	Power/Package	Time to Go	
Control	WPN #/WPN	WPN Station	
Altitude	70000	70000	
73.235 E3	Operator	Speed	
	0001 DEC MAG	410 km	
Target Information			
Target #/WPN	Event Number	Deployment	
000001	000001	000001	

Teleplan

FACNAV - NSFS

KONGSBERG Naval Strike Missile (NSM)

(According to NATO Greyhound procedures – OTHT)

Teleplan

FACNAV - ISR Integration

Teleplan



FACNAV ISR Integration



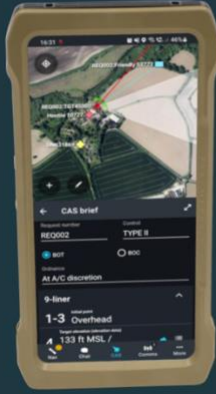




FACNAV – CAT 1 Target Mensuration








FACNAV Mobile

Main Features:

- C2/SA
- ISR – STANAG 4609
- DACAS
- L16 DACAS
- Server & P2P
- Comms integration
 - (SIR, TNR2, 152A, 117G, 163, MBITR)







facnav

FACNAV Interoperability

FACNAV (Windows Platform) (tested live flying):

- F-16 (NO) - LINK16, AFAPD
- F-16 (US) – F-15E(US) - LINK16
- F-16 (DK) – AFAPD, VMF (BDD)
- A-10C (US) - VMF (ACC)
- F/A-18 (US) - LINK16, VMF (ACC & BDD)
- F/A-18 (FIN) – LINK16, VMF (ACC)
- AC-130 (US) - LINK16
- AV-8B Harrier (US) - VMF (BDD)
- B52 (US) – VMF (BDD) B1B – Link 16
- Tornado (ITA) - VMF (BDD)
- Tornado (GER) - VMF (ACC & BDD)
- Mirage 2000 (FRA) - VMF (BDD)
- Rafale (FRA) – VMF (BDD)
- F-35 (US) - VMF (BDD)
- F-35 (NO) – LINK 16, VMF (BDD)

FACNAV MOBILE (Android) (tested live flying):

- Tornado (GER) - VMF (BDD)
- Rafale (FRA) – VMF (BDD)
- F-35 (NO) – VMF (BDD)
- F-16 (DK) – VMF (BDD)

FACNAV vs. Ground based systems:

- BAO (US) - VMF (BDD)
- FOS (US) - VMF (BDD)
- PFED (US) - VMF (BDD)
- TACP CAS (US) - VMF (ACC & BDD)
- THS STRIKELINK (US) - VMF (ACC & BDD)
- FIRESTORM (US) - VMF (BDD)
- FIRESTORM (UK) – Link 16 - VMF (BDD)
- AFATDS (US) - VMF (ACC) & ASCA
- ALLIANCE (FRA) - VMF (BDD)
- HEIMDAL (NO) – VMF (BDD)
- FC BISA - ASCA

facnav

FACNAV Users

- Norway
- Denmark
- Finland
- Sweden
- Germany
- UK (MANTIS)
- Spain (FACNAV Mobile-ESYL)



ANEXO F

Diagrama de Gantt

En este anexo se recoge la imagen que muestra el diagrama de Gantt que el autor ha seguido para la organización del trabajo de investigación.

