



Trabajo Fin de Grado

APLICACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA AL RECONOCIMIENTO DE ITINERARIO

Autor

MARÍA PALOMO MALDONADO

Director/es

Director académico: Dr. ALEJANDRO RAFAEL MOSTEO CHAGOYEN

Director militar: CAPITÁN D. JAVIER ALDEA ALVAREZ DE LARA

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2019 - 2020

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la confluencia y sinergia del empeño de muchos profesionales que han participado de forma desinteresada. Mi aportación personal ha sido el de poder llevar a cabo reuniones, entrevistas y encuestas, junto con la redacción, recopilación de toda la información que aparece reflejada a continuación, así como la valoración de las conclusiones finales. Querría dar mis más sinceros agradecimientos, en primer lugar, al Doctor. Alejandro Rafael Mosteo Chagoyen, quien ha sido el orientador y director académico del trabajo, y el que gracias a su labor, he podido solventar dudas y poder finalizar este trabajo. En segundo lugar, por la ayuda que, a nivel técnico y táctico, he recibido de los mandos y tropa pertenecientes al Grupo de Caballería Acorazado “VILLAVICIOSA XII”, al Regimiento de Caballería “FARNESIO N°12”, y al personal destinados en Afganistán, auténticos expertos en el campo técnico y táctico tratado en el proyecto. De todos ellos, quiero resaltar que han contribuido de forma activa a la causa, el Director Militar del presente trabajo, el Capitán de Caballería D. Javier Aldea Álvarez de Lara, parte fundamental en la elaboración de la presente memoria. Y por último, no quería desaprovechar esta ocasión para hacer extensivo este gesto de gratitud, a mis familiares y amigos.

En Zaragoza, a 28 de octubre de 2019



DAC. CAB. Dña. María Palomo Maldonado

Resumen

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objeto principal ahondar en el estudio de la aplicación de las nuevas tecnologías a las capacidades del Ejército, una de las principales líneas de desarrollo del proyecto más ambicioso iniciado por el ET en su historia, la Fuerza 2035. En concreto se ha desarrollado una propuesta acerca de la utilización de la Realidad Aumentada (RA) en el Reconocimiento de Itinerario, una de las principales acciones militares tácticas desarrolladas por las Unidades de Caballería, por excelencia el Arma del reconocimiento, de la seguridad y del contacto.

Para ello, el trabajo se enfoca en exponer: en qué consiste el reconocimiento de itinerario llevado a cabo por una Unidad de Caballería y la aplicación de la RA en cada una de sus fases (planeamiento, preparación, ejecución y elaboración del producto final); el concepto de RA y su empleo actual en diferentes ejércitos; un análisis sobre la relación entre los medios de RA y el Reconocimiento de Itinerario; una valoración de la opinión de expertos mediante una serie de encuestas y entrevistas, para finalmente analizar los pros y contras del proyecto y una comparación entre los distintos elementos de realidad aumentada más efectivos para su empleo; y por último, una propuesta sobre la posible correlación entre los medios de RA y los puestos tácticos en una tripulación de Caballería.

Se busca dar a conocer que esta tecnología es fundamental para aquellas unidades de Caballería que reciban la misión de reconocer un itinerario. Y para ello se exponen las posibles vías de aplicación de esta tecnología a los medios propios para así lograr mayor efectividad en el cumplimiento de los cometidos antes, durante y después de reconocer un itinerario.

Abstract

The main purpose of this Final Degree is to study the application of new technologies to the Army's capabilities, one of the main lines of development of the most ambitious project initiated by the Army in its history, Force 2035. Specifically, a proposal has been developed on the use of Augmented Reality (AR) in Itinerary Reconnaissance. One of the main tactical military actions developed by the Cavalry Units, par excellence the Force of reconnaissance, security and contact.

For it, the work is focused on exposing: What is the itinerary reconnaissance carried out by a Cavalry Unit and the application of the AR in each of its phases (planning, preparation, execution and elaboration of the final product); the concept of AR and its current use in different armies; an analysis of the relationship between the AR means and the Itinerary Reconnaissance; an assessment of expert opinion through a series of surveys and interviews, to finally analyse the pros and cons of the project and a comparison between the different elements of augmented reality most effective for their use; and finally, a proposal on the possible correlation between AR means and tactical positions in a Cavalry crew.

The intention is to make known that this technology is fundamental for those Cavalry units that receive the mission of reconnaissance of an itinerary. In order to do this, the possible ways of applying this technology to our own means are exposed in order to achieve greater effectiveness in the performance of tasks before, during and after reconnaissance of an itinerary.

Índice

Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
Lista de acrónimos	x
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objetivos y alcance del proyecto	2
1.3 Metodología	3
1.4 Estructura de la memoria	4
Capítulo 2. Antecedentes	4
2.1 Reconocimiento de itinerario en las Unidades de Caballería	4
2.1.1 Unidades de Caballería	4
2.1.2 Reconocimiento de itinerario	5
2.2 Estado del Arte	8
2.2.1 Realidad Aumentada	8
2.2.2 Integración de sistemas de RA en el Ejército	10
Capítulo 3. Análisis	12
3.1 Aplicación de los medios de RA al reconocimiento de itinerario	12
3.2 Opiniones basadas en experiencias	16
3.2.1 Observación directa	16
3.2.2 Encuestas	19
3.2.3 Entrevistas	22
3.3 Análisis DAFO	23
3.4 Análisis comparativo entre distintos medios de RA	25
Capítulo 4. Propuesta	26
4.1 Relación puestos tácticos y elementos de RA	26
4.2 Ejemplos de realidad aumentada en cada puesto táctico	27
Capítulo 5. Conclusiones	30
Bibliografía	31
Apéndice	33

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de Reconocimiento de Itinerario con realidad aumentada.....	1
Figura 2. Reconocimiento de Itinerario. El Combate de la Caballería, 4º EMIEO Caballería AGM	6
Figura 3. Esquema de Maniobra. Fuente: Combate de la Caballería, 4º EMIEO AGM ..	8
Figura 4. App Pokémon Go. NBC News.	9
Figura 5. Realidad Aumentada Táctica.	10
Figura 6. How DARPA's Augmented Reality Software Works.....	12
Figura 7. Sistema Cajón de Arena Digital (CAD).....	13
Figura 8. Vista general del planeamiento para el ejercicio TORO-19. Fuente: Revista Ejército de Tierra	14
Figura 9. Ejemplo de información recogida tras realizar un reconocimiento de itinerario. Fuente: Capitán Javier Aldea Álvarez De Lara.	15
Figura 10. Diagrama Telaraña 1. Dispositivos RA según el puesto táctico	25
Figura 11. Diagrama Telaraña 2. Efectividad entre gafas de realidad aumentada	26
Figura 12. Realidad aumentada en el puesto táctico de cargador.....	28
Figura 13. Realidad aumentada desde el puesto de tirador	28
Figura 14. Realidad aumentada a través de las gafas de un explorador	29
Figura 15. Realidad aumentada en el puesto del conductor	29
Figura 16. Realidad aumentada en el puesto de JV	29
Figura 17. Estructuras Orgánicas. Departamento de Ciencia Militar, Combate de la Caballería.....	33
Figura 18. Simbología militar según el tipo	33
Figura 19. Ejemplo de vehículos amigos/propios y elementos neutrales en el terreno..	34
Figura 20. Ejemplo de elementos hostiles	34
Figura 21. Medidas de coordinación. Elaboración propia.....	35

Figura 22. Gafas INDRA RA	38
Figura 23. DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY	39
Figura 24. INTELLIGENT AUGMENTED REALITY MODEL	40
Figura 25. HoloLens 2 de Microsoft.	41
Figura 26. GAFAS RA MILITARES BASADAS EN LAS HOLOLENS 2 DE MICROSOFT	42
Figura 27. Gafas Magic Leap One RA	43
Figura 28. Sistema de adiestramiento con Gafas F-fitayl AR	44
Figura 29. Funcionamiento del Sistema LIDAR	45
Figura 30. Parabrisas BMW	46

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificaciones del reconocimiento. PD4-018 vol. I, MADOC	5
Tabla 2. Fases de un Reconocimiento de itinerario. Elaboración propia	7
Tabla 3. Información de realidad aumentada en los diferentes puestos tácticos.	17
Tabla 4. Respuestas generales de personal con experiencia en los diferentes puestos tácticos	20
Tabla 5. Información para cada puesto táctico recabado de las encuestas	21
Tabla 6. Matriz de factores	23
Tabla 7. Estrategias ordenadas por prioridad	23
Tabla 8. Relación entre las necesidades de los distintos puestos tácticos y los medios de RA. Fuente: elaboración propia.....	26

Lista de acrónimos

APP	Aplicación
AGM	Academia General Militar
BMS	Sistema de gestión del campo de batalla (Battlefield Management System)
CC	Carro de Combate
CIS	Sistemas de Información y Telecomunicaciones (Communication and Information Systems)
CNR	Red radio de combate (Combat Net Radio)
CMAS	Campo de minas
CUD	Centro Universitario de la Defensa
ET	Ejército de Tierra
EW	Guerra Electrónica (Electronic War)
FAS	Fuerzas Armadas
GCAC	Grupo de Caballería Acorazado
IED	Artefacto explosivo improvisado (Improvised Explosive Device)
IFF	Identificación amiga o enemiga (Identification Friendly or Foe)
ITN	Itinerario
JV	Jefe de Vehículo
NOP	Norma Operativa
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PC	Puesto de Mando
QR	Código de Respuesta rápida (Quick Response Code)
RC	Regimiento de Caballería
RA	Realidad Aumentada
RECO	Reconocimiento
RFL	Línea restricción de fuego (Restrictive Fire Line)
RPAS	Plataforma aérea controlada remotamente (Remote Piloted Aerial Platform)
RPG	Granada propulsada por cohete (Rocket-Propelled Grenade)
TRP	Punto de referencia (Target Reference Point)

TFG	Trabajo Fin de Grado
UCT	Unidad de Control de Tiro
UXO	Artefacto no explosionado (Unexploded Explosive Ordnance)
VEC	Vehículo de Exploración y Combate
VRCC	Vehículo de Reconocimiento de Combate y Caballería

Capítulo 1. Introducción

Este documento recoge toda la información sobre el trabajo realizado en el Grupo de Caballería Acorazado “Villaviciosa” XII junto con el apoyo del Regimiento de Caballería “Farnesio” nº 12 y empresas civiles. A continuación se hace una detallada explicación sobre la justificación del Trabajo Fin de Grado, seguido de los objetivos y alcances del mismo, además de la metodología que se ha empleado para su realización.

1.1 Justificación

La tecnología en el ámbito militar se encuentra en un continuo proceso de revolución e innovación enfocada en adquirir la supremacía militar a través del uso de la información. Esto se debe a que uno de los pilares básicos en las operaciones tácticas militares es alcanzar el dominio del denominado espectro de la información. En los actuales teatros de operaciones es de vital importancia hacer frente a un enemigo cada vez menos convencional. Se ha demostrado que la obtención de información para el posterior guiado de operaciones de intervención limitada es un elemento fundamental y condicionante para lograr el éxito.

Es por ello que la adquisición de información es una misión compleja y fundamental en los conflictos de hoy en día, y requiere de las unidades destinadas a ello de un planeamiento detallado, una ejecución coordinada y un flujo de información en todos los sentidos y niveles. La información debe ser oportuna, precisa, completa y breve.

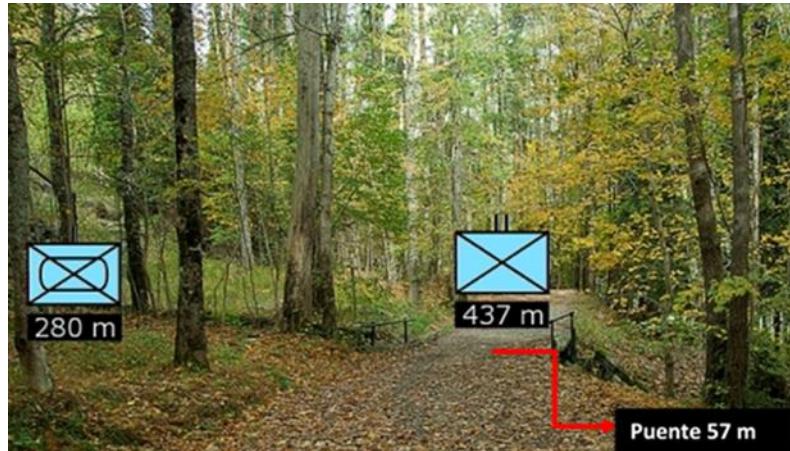


Figura 1. Ejemplo de Reconocimiento de Itinerario con realidad aumentada

Cabe destacar que en los diferentes teatros de operaciones, tiene relevancia la información concerniente a las características topográficas de la zona y otros factores tales como: tajeadas, puentes, zonas urbanizadas, itinerarios, avenidas de aproximación, históricos de artefactos improvisados (IED,s) o puntos calientes (*hotspot*), etc. Esta necesidad se ha ido cubriendo en los ejércitos mediante la implementación de nuevos sistemas informáticos y tecnológicos con la finalidad de satisfacer, ya no solo la necesidad de información del jefe, sino de todos los combatientes. Entre estos sistemas informáticos destacamos la Realidad Aumentada (RA) cuyo fin es « ampliar » la información que los elementos reales no pueden aportar mediante unos virtuales.

Actualmente, en el Ejército de Tierra (ET) se está desarrollando un nuevo sistema de adiestramiento basado en la Realidad Aumentada. El Regimiento de Caballería

“Farnesio” nº 12 de la Brigada “Galicia” VII es pionero en el diseño de este sistema de entrenamiento de realidad aumentada. El equipo permite a los combatientes observar la vida real con información virtual añadida. Para la realización de este trabajo se estudiaron las capacidades y posibilidades que ofrece este sistema de realidad aumentada para la posterior aplicación a una de las acciones militares tácticas fundamentales del Arma de Caballería, en concreto el de Itinerario.

El sistema de RA está siendo implantado en una de las instalaciones de la base El Empecinado (Valladolid). Uno de los objetivos durante la realización del trabajo fue acceder a estas instalaciones y observar personalmente el sistema y funcionamiento del mismo. Dicha instalación cuenta con cámaras de televisión y un elemento de control que posibilitaba la visualización y grabado de las prácticas realizadas. En todo momento se ha tratado de comprender el funcionamiento de la RA para recabar la información necesaria, y así estudiar su efectividad y posibilidad de adaptar este sistema de RA al reconocimiento de un itinerario. Se trata de aprovechar al máximo la capacidad que ofrece esta tecnología de no perder la perspectiva de la visión real del entorno físico y complementarlo con elementos virtuales inexistentes. Durante todo el trabajo aparecerá terminología militar basada en [1] [2].

1.2 Objetivos y alcance del proyecto

En el presente Trabajo Fin de Grado la finalidad ha sido realizar en primer lugar un Estado del Arte sobre los sistemas de Realidad Aumentada presentes hoy en día en el mercado y adaptados al Ejército. Con ello, el TFG se ha enfocado en detectar qué capacidades pueden ofrecer a las unidades en zona de operaciones, especialmente a aquellas de la Especialidad Fundamental de Caballería.

Se han propuesto los materiales y sistemas de realidad aumentada más convenientes para su aplicación en el reconocimiento de itinerario, en base a la experiencia adquirida por el autor del presente trabajo, durante la utilización de las instalaciones del RC “Farnesio” nº 12 de RA, y la información obtenida de personal con experiencia en las unidades de Caballería. También se ha propuesto la información relevante adquirida de las entrevistas y encuestas destinadas al personal destinado en la base “El Empecinado” con experiencia en RA y Reconocimiento de Itinerario, y a Especialistas en Navegación de Operaciones Especiales que actualmente se encuentran desplegados en Afganistán, perteneciendo a la Fuerza de Operaciones Especiales “Ocelote” en la misión Resolute Support¹.

Finalmente, se ha destacado qué es aquello que aportan y qué carencias tiene estos sistemas de RA, así como cuáles son las tendencias y líneas futuras de investigación y desarrollo para su empleo en cualquier Unidad de Reconocimiento de Caballería.

¹ Resolute Support (Afganistán): https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/listado/afganistan.html

1.3 Metodología

Para la realización de este Trabajo Fin de Grado, se han llevado a cabo diferentes técnicas analíticas para facilitar el estudio del mismo. Las herramientas empleadas han sido:

- Un estudio de antecedentes enfocado por un lado a las Unidades de Caballería, así como en una de sus acciones militares tácticas, el reconocimiento (itinerario). Y por otro lado, un estudio del Estado del Arte sobre las distintas definiciones de RA y su progresión tecnológica desde su aparición, para acabar analizando cómo se podría buscar una sinergia entre Realidad Aumentada y Reconocimiento de Itinerario.
- Entrevista personalizada al personal destinado en simulación del RC “Farnesio” nº 12 sobre RA.
- Observación directa, durante las prácticas externas, de los diferentes materiales de que disponen el RC “Farnesio” nº 12 para el desarrollo del Sistema de Adiestramiento de Realidad Aumentada en zonas urbanizadas.
- Observación directa, durante las prácticas externas, de los diferentes vehículos de que dispone el GCAC “Villaviciosa” XII para una posible aplicación de distintos medios de RA adaptado a cada puesto táctico.
- Encuestas personalizadas al personal de Transmisiones, al personal especializado en navegación de Operaciones Especiales, y al personal destinado en el GCAC “Villaviciosa” XII.
- Entrevistas a trabajadores de empresas civiles que tratan con materiales de RA.
- Comparación de los distintos sistemas RA existentes tanto en los ejércitos como en el mercado actual.
- Análisis DAFO.

La observación directa se ha basado en la experiencia de la autora, mediante la realización de un diario de las prácticas con todo lo relativo a la Realidad Aumentada. Sin embargo, la observación indirecta, a través de entrevistas y encuestas, se basó en la experiencia del personal de las Fuerzas Armadas (FAS) que tienen algún tipo de relación con la RA, reconocimiento de itinerarios, así como Sistemas de Información y Telecomunicaciones (CIS) y navegación.

Por otro lado, la puesta en contacto con empresas civiles ha permitido conocer un poco los distintos materiales que se encuentran en el mercado actualmente y el interés de dichas empresas a la hora de colaborar con Defensa. Gracias a ello, se ha podido realizar una comparación entre los distintos materiales de RA existentes y por tanto su comparación entre ellos. Finalmente se ha llevado a cabo la realización de un análisis DAFO para observar las ventajas y desventajas en la aplicación de la RA al reconocimiento de itinerario.

Con todas estas herramientas, se ha buscado obtener un amplio abanico de información y distintos puntos de vista para observar las limitaciones, servidumbres y oportunidades que los sistemas de RA pueden tener al ser aplicadas en los medios propios del Arma de Caballería para llevar a cabo el reconocimiento de un itinerario.

1.4 Estructura de la memoria

Este trabajo tiene como objeto principal ahondar en el estudio de la aplicación de las nuevas tecnologías a las capacidades del Ejército, una de las principales líneas de desarrollo del proyecto más ambicioso iniciado por el ET en su historia, la Fuerza 2035. Para ello el trabajo además de la actual sección, cuenta con cuatro más. La segunda sección trata de los antecedentes, en el cual se explica qué es una Unidad de Caballería junto con su acción militar táctica, el reconocimiento. La tercera sección está basada en un análisis del estado del arte con el fin de relacionar qué necesidades existen en el reconocimiento de itinerario y qué medios RA son los más eficientes para ello. La siguiente sección es la propuesta del proyecto en base a los resultados del análisis, y finalmente la última sección expone las conclusiones alcanzadas.

Capítulo 2. Antecedentes

En este capítulo dos se explana por un lado las Unidades de Caballería junto con su acción táctica militar, el reconocimiento. Y por otro lado, se explica el estado del arte en cuanto a la realidad aumentada cuyo fin es buscar la forma de relacionar los medios de RA con los propios de una unidad de Caballería.

2.1 Reconocimiento de itinerario en las Unidades de Caballería

Basándonos en los manuales [3] [4] [5], vamos a ir explicando por un lado qué es una Unidad de Caballería y por otro lado haremos hincapié en uno de sus cometidos, el reconocimiento de itinerario. Con ello veremos que limitaciones y servidumbres se han de tener en cuenta para sacar el máximo rendimiento con la integración de la RA.

2.1.1 Unidades de Caballería

Como se ha mencionado anteriormente, para poder realizar un estudio enfocado a la aplicación de la Realidad Aumentada en el reconocimiento de itinerario por parte de las unidades de Caballería, es importante conocer previamente quiénes son y de qué se diferencia del resto de unidades del ET para poder llevar a cabo este cometido. Para más detalles se puede consultar el Apéndice A.Simbología militar

Las unidades de Caballería son las estructuras más aptas para desempeñar acciones de reconocimiento, seguridad y contacto, aunque también tienen las capacidades necesarias para ser empleadas en otras acciones tácticas en todo el espectro del conflicto. Por esta razón, el Arma de Caballería dispone de una capacidad de conciencia informativa que facilita a sus unidades alcanzar un alto grado de especialización en el cumplimiento de

este tipo de misiones. Además, cuentan con los medios y procedimientos necesarios que las capacitan para adquirir, tratar y la información requerida. El alcance de este trabajo está enfocado a dotar a estas unidades de los medios suficientes para realizar con éxito la acción táctica del reconocimiento de itinerario.

2.1.2 Reconocimiento de itinerario

La Caballería es por excelencia el Arma de la información, seguridad y contacto, y sus unidades están altamente capacitadas para el reconocimiento, que es una de las acciones tácticas de apoyo de este Arma. La Tabla 1 muestra una clasificación de los tipos de reconocimiento:

Tabla 1. Clasificaciones del reconocimiento. PD4-018 vol. I, MADOC

Clasificaciones del Reconocimiento	
Clasificación	Denominación
Por su modalidad	<ul style="list-style-type: none">• De combate• En profundidad
Por la técnica utilizada	<ul style="list-style-type: none">• A pie• Sobre vehículos• Por el fuego• Aeromóvil
Por el procedimiento operativo	<ul style="list-style-type: none">• Sigiloso• Agresivo
Por el tipo de objetivo a reconocer	<ul style="list-style-type: none">• Puntual• Itinerario• Zona

El TFG se centra en el Reconocimiento de Itinerario. Pero de manera intrínseca, el RECO de ITN conlleva un reconocimiento puntual. Dicho cometido se explicará ulteriormente para poder comprender en qué consiste y de qué materiales de RA deberemos dotar a las unidades de Caballería para facilitar esta acción táctica de forma eficiente.

El reconocimiento de un itinerario tiene como objetivo el entorno, es decir, obtener información o actualizarla sobre una ruta concreta (vía principal), su viabilidad y la adyacente a la misma desde la cual el enemigo podría actuar sobre las fuerzas propias en su traspaso por dicha vía. Pero para poder llevar a cabo el reconocimiento, previamente, el itinerario debe haber sido bien definido durante un planeamiento previo a la misión. Por norma general se establecen medidas de coordinación para facilitar y agilizar el avance por el mismo.

La Figura 3, muestra un ejemplo de RECO de ITN, en el que aparecen diferentes líneas de coordinación (para más información consultar el Apéndice B).

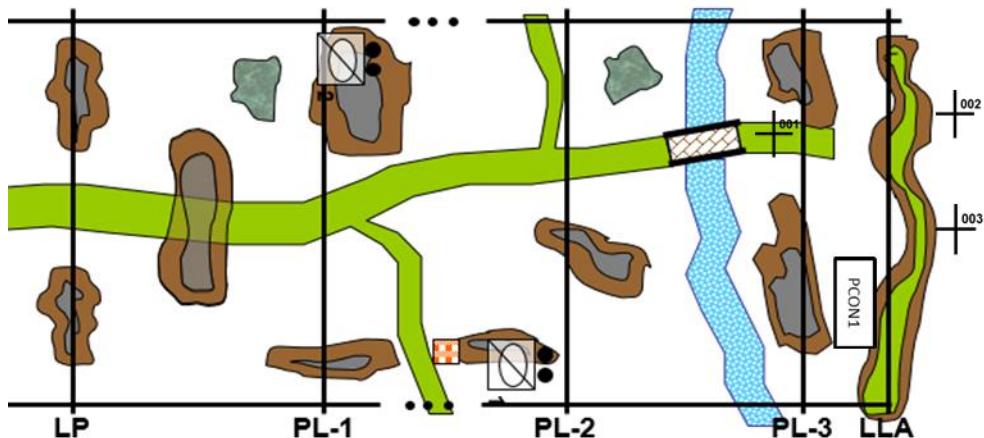


Figura 2. Reconocimiento de Itinerario. El Combate de la Caballería, 4º EMIEO Caballería AGM

Para poder entender la anterior Figura 2, por un lado debemos saber que la Línea de Partida (LP) y Línea Límite de Avance (LLA), son líneas de coordinación que indican el inicio y fin de la maniobra. Por otro lado, las líneas denominadas de PL-1 a PL-3 podrían ser tratadas como puntos de verificación (PVE), es decir, una vez alcanzadas se informaría al mando superior. Es una forma de que el escalón superior tenga localizadas a sus unidades y coordine sus movimientos. En cuanto a los límites de la zona de acción, éstas vienen marcadas por las dos líneas perpendiculares al itinerario principal y resto de líneas de coordinación (LP, PL, LLA). El objetivo de delimitar la ZA es que la unidad sepa cuál es la zona designada y que fuera de dichos límites no tiene cometido alguno, pues posiblemente avance otra unidad paralelamente o es una zona fuera de interés. También, en el planeamiento previo se habría señalado el puente como punto de interés y los caminos transversales como sondeos a realizar durante el reconocimiento. Finalmente, el PCON-1, se señalaría en un lugar ventajoso en el terreno y ha cubierto de las vistas del enemigo con el fin de hacer un paso de escalón con la unidad que nos precede. En otras palabras, una vez reconocido el puente e inmediaciones, se realiza un punto de contacto en una zona segura en el que realizar un relevo de posiciones y pasar a retaguardia en el avance. Tampoco podemos olvidar las medidas de coordinación de los fuegos de apoyo, las cuales vienen señaladas con sus coordenadas exactas para que en el momento en el que el jefe de la maniobra lo considere necesario, pediría apoyo por fuegos indirectos en dichas zonas. Estos apoyos de fuego pueden ser desde conseguir una barrera de humos y lograr ocultarnos de las vistas del enemigo, hasta fuegos de detención con el objetivo de frenar el avance del enemigo y ganar tiempo en la misión. Sea cual fuere el objetivo de dichos fuegos de apoyo, éstos se señalarían con puntos de referencia en el terreno (TRP 001, 002, 003).

Debe quedar claro que la fuerza encargada de esta misión puede tener diferentes cometidos para su realización y cumplimiento. A continuación, en la Tabla 2 podemos observar los cometidos que tendría cada núcleo durante las diferentes fases en un reconocimiento de itinerario. Para más detalles, consultar Apéndice C.

Tabla 2. Fases de un Reconocimiento de itinerario. Elaboración propia

	FASE INICIAL	RECONOCIMIENTO	FASE FINAL
NRECO	Alcanzar ITN a reconocer	Realizar Reconocimiento	Recabar información
NAPO	Alcanzar punto dislocación y ocupar posiciones de apoyo	Mantener Seguridad	Aportar la información necesaria
NAPOFU (Pn. MP)	Alcanzar las posiciones de tiro para apoyos de fuego indirecto	Apoyar, si fuese necesario, con fuego indirecto	Aportar la información necesaria
PC	Coordinar movimiento y despliegue de sus núcleos	Coordinar movimiento y despliegue de sus núcleos	Transferir la información recopilada

Continuando en esta línea, es importante la entidad y articulación de la fuerza de reconocimiento para llevar a cabo su realización. Por lo general dicha fuerza se articulará en dos entidades, escalón de reconocimiento y de reserva. Y a su vez, la fuerza de reconocimiento, según su entidad, podrá organizar un núcleo de apoyos de fuego sobre la base de morteros disponibles.

- Escalón de reconocimiento. Según sus medios y su identidad lo podemos encontrar articulado en: núcleo de reconocimiento (NRECO) y núcleo de apoyo (NAPO). Dicha entidad será la encargada de realizar el esfuerzo principal del reconocimiento. Ambos núcleos contarán con el Puesto de Mando (PC) encargado de coordinar la maniobra.
- Reserva. Será empleada por el jefe cuando se prevean posibles resistencias enemigas que son necesarias reducir para llevar a cabo el cumplimiento de la misión, y no puedan ser destruidas por el escalón de reconocimiento con sus propios medios.
- Núcleo de apoyos de fuego (NAPOFU). Estará en condiciones de apoyar tanto al escalón de reconocimiento como la reserva en el cumplimiento de sus cometidos. Siempre y cuando la fuerza de reconocimiento pueda constituir este núcleo.

Para facilitar la comprensión, se muestra la Figura 3, como ejemplo de esquema de maniobra durante el avance por un itinerario:

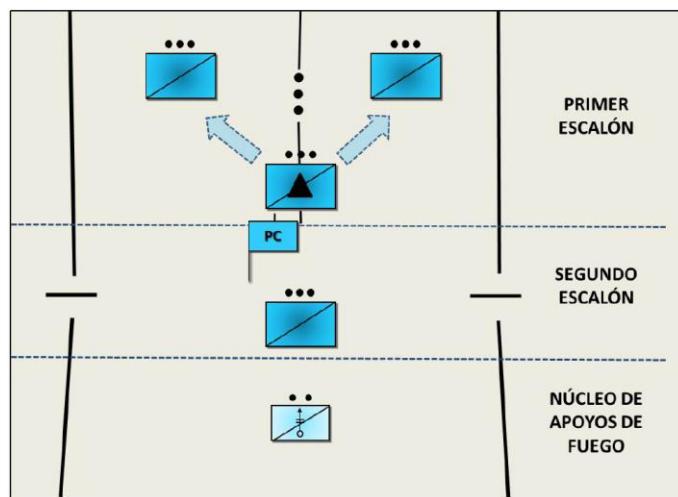


Figura 3. Esquema de Maniobra. Fuente: Combate de la Caballería, 4º EMIEO AGM

2.2 Estado del Arte

En el Estado del arte se aclara el concepto de Realidad Aumentada con una breve y concisa exposición de cómo ha ido evolucionando este tipo de tecnología en diferentes sectores y cómo hoy en día los ejércitos internacionales tienen en su punto de mira tratar con ella para futuras operaciones militares.

2.2.1 Realidad Aumentada

En plena globalización y desarrollo tecnológico, la Realidad Aumentada (RA) está cobrando mucha importancia en diferentes sectores tanto del mercado como de la industria. Pero para poder empezar a hablar sobre la realidad aumentada enfocada al sector de defensa, antes debemos dar una definición clara y concisa de ella. Según diferentes fuentes de información, todas ellas la definen como una tecnología que permite visualizar elementos reales junto con elementos virtuales. Todo ello en tiempo real y a través de una pantalla de un dispositivo, ya sea móvil, *tablet*, gafas inteligentes, etc. El elemento real puede ser desde la etiqueta de un producto hasta objetos de la vida cotidiana. Y el elemento virtual podría ser un video, una figura 3D, una imagen...

El objetivo de esta innovadora tecnología es «aumentar» la información, que no puede ser aportada por el elemento real, a través de un elemento virtual. Entre los fines de la RA se encuentra lograr que los usuarios tengan una perfecta percepción e interacción con el mundo real añadiendo una serie de capas de información sintética 3D perfectamente alineadas con los objetos reales.

Echando la vista hacia atrás, podemos recorrer un largo camino en la línea del tiempo [6] sobre la actualización y modernización de la Realidad Aumentada, y resaltar algunos de los hitos que en ella aparece. Remontando desde el año 1950, el científico Morton Heilig buscaba la forma de conseguir que nuestros sentidos pudieran interactuar con una pantalla de manera efectiva, e integrar así al espectador con la actividad. Es por ello, que construyó

un prototipo llamado el Sensorama en el año 1962, junto con cinco filmes cortos que permitían aumentar la experiencia del espectador a través de sus sentidos.

Posteriormente, en 1968, Ivan Sutherland, junto con el estudiante Bob Sproull, desarrollaron lo que sería finalmente considerado el primer visor montado en la cabeza, en inglés *Head Mounted Display* (HMD) para Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada.

Siguiendo la línea del tiempo, llegamos a los años 90s con el científico Caudell que debía encontrar una alternativa a los hastiados tableros de farragosos cables que utilizan los trabajadores de su empresa. Para él creó unos anteojos y tableros virtuales sobre tableros reales genéricos. Ello le llevó a darse cuenta de que lo que realmente estaba haciendo era “aumentar” la realidad del usuario. De esta manera el término de Realidad Aumentada fue dado al público en 1992. Años después, en 1997, Ronald Azuma dio su propia definición sobre RA en la que se caracterizaba por combinar elementos reales y virtuales, ser interactiva en vivo y estar registrada en 3D. En el Apéndice D se puede consultar más información al respecto.

Podremos observar que dichas características se siguen manteniendo en los actuales sistemas. Un ejemplo claro de estos últimos años ha sido el consejero delegado de Niantic y creador de Pokémon Go, John Hanke, quien ha calificado la realidad aumentada como uno de los “cambios paradigmáticos” de la década y la ha equiparado con grandes inventos contemporáneos como el microordenador y el teléfono inteligente. El invento de la App Pokémon Go², fue un gran boom y un gran salto en el sector de videojuegos y aplicación para los teléfonos móviles. Dicho juego consiste en “cazar pokémons” por la calle, es decir, el usuario, a través de la pantalla móvil, visualiza el entorno real por el que se está desplazando mientras van apareciendo figuras en 3D que simulan ser un pokémon en la vida real. Dicha app necesita hacer uso del GPS, luego este ejemplo nos hace entrever los tipos elementos que se necesitan para la RA. [7]



Figura 4. App Pokémon Go. NBC News.

Además de cómo ha ido naciendo y surgiendo la idea de realidad aumentada y mejorando tecnológicamente en paralelo con el mundo informático y científico, han surgido definiciones que integran la RA como:

- Realidad Mixta o MR.

Combinación de la realidad virtual (genera mundos totalmente inexistentes) y la realidad aumentada (complementa el entorno real con elementos virtuales). La RM mezcla los mejores aspectos de ambas realidades con el fin de que solo se necesite un único medio pudiendo utilizar una u otra. Es decir, une ambos

² Figura 4: <https://www.nbcnews.com/tech/tech-news/pok-mon-go-here-s-what-know-about-catch-em-n608036>

conceptos para que los usuarios interactúen con objetos reales dentro de un mundo virtual (inexistente), o visualizar elementos virtuales en el entorno real.

- Realidad Aumentada Táctica o TAR.

Esta definición surge del ejército americano, el cual está realizando ensayos con medios de RA, con el fin de mejorar las capacidades de sus combatientes a la hora de detectar al enemigo, u obtener información del campo de batalla en tiempo real, es decir, de la situación. Básicamente es adaptar la realidad aumentada al combate.



Figura 5. Realidad Aumentada Táctica. [8]

2.2.2 Integración de sistemas de RA en el Ejército

Hoy en día muchos de los ejércitos buscan mejorar sus sistema y materiales, pues no solo la tecnología evoluciona, sino también el enemigo. Y como bien dijo Gen Mark Milley Jefe del Estado Mayor del *US Army*, “Tenemos unas fuerzas terrestres altamente adiestradas en contra-insurgencia y contra-terrorismo... pero tenemos que revitalizar también las habilidades de la maniobra interarmas”. Por esta razón países como EEUU, Francia, Reino Unido, España, etc., están inmersos en una carrera tecnológica y armamentística para mejorar sus medios ante un enemigo cada vez más voraz y asimétrico. Entre sus ambiciosas mejoras podemos destacar el afán de integrar sus sistemas de simulación con ejercicios reales, entre otros proyectos. A continuación se exponen alguno de los proyectos que están en desarrollo dentro de diferentes ejércitos y que viene recogido en el manual [9].

- Estados Unidos se encuentra en pleno desarrollo del *Synthetic Training Environment* (Entrenamiento en ambiente sintético), que integrará todos los sistemas de simulación (*Live, Virtual and Constructive*). Alguno de los detalles de los que se tiene conocimiento los han bautizado con el nombre TAR (*Tactical Augmented Reality* - Realidad aumentada táctica), Donde la combinación de la visión real con la virtual se lleva al mismo campo de batalla.
- *Defence Science and Technology Laboratory* de Reino Unido (Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Defensa) está investigando en el desarrollo de un sistema de realidad aumentada para instalar en los carros y en sus nuevos vehículos Ajax.

- En Francia la idea es emplear una tecnología más intuitiva que combine la realidad aumentada con la simulación embarcada. El proyecto busca que a la información real del sistema de mando y su visualización le aparezca información virtual inyectada sobre la imagen real del terreno. De esta forma se podrán gestionar las armas o la información sin perder de vista el entorno real.
- En Italia el ejército está investigando con un nuevo concepto, el HST (*Home Station Training* - Estación de simulación local) como arquitectura de simulación que supone la integración inicial de las capacidades real y virtual, y posteriormente, la constructiva.
- En España, nuestro Ejército cuenta con una serie de medios de RA. Por un lado tenemos el CC Leopardo 2E, cuyo conductor cuenta con una pantalla que permite un simple guiado de conducción mediante RA. El tripulante visualiza la imagen de una flecha virtual que es inyectada, a través de la pantalla de conducción, sobre el entorno real. También el ejército del aire cuenta con medios de RA. Sus pilotos del Caza F-18 poseen cascos con tecnología puntera y por tanto con realidad aumentada. Por último, el RC “Farnesio” nº 12, está desarrollando un equipo de instrucción y adiestramiento para combate en zonas urbanizadas basado totalmente en RA

Con el avance tecnológico, se puede observar una proliferación de materiales como sensores y sistemas a bordo en los vehículos de combate enfocados a aumentar la percepción del entorno a través de la integración tecnología de realidad aumentada para presentar sus lecturas o información añadida. Esto es, lograr un volcado en tiempo real de sus lecturas en red, con el fin de que sea aprovechado por el resto de la unidad, así como, la propia presentación automática de los datos e imágenes en las pantallas de los tripulantes. Se puede, por tanto, diferenciar entre los sistemas y sensores y la información que cada uno de ellos aporta.

Por un lado, tenemos aquellos capaces de determinar orígenes de fuego y alertar al vehículo que está siendo fijado; detectar la aproximación de proyectiles propulsados por cohete (RPG); informar de la inclinación del vehículo; y determinar la distancia a diferentes obstáculos evaluando la posibilidad de superarlos entre otras capacidades.

Por otro lado, existen otros sistemas que inyectan en el parabrisas o pantalla del conductor los límites, estado e inclinación de carreteras y caminos; sobreimprimir en los visores de los combatientes de las armas datos de coordenadas y distancias a targets observados; o añadir datos sobre históricos de unidades, vehículos o puntos del terreno en los mismos visores y parabrisas.

Como bien es de esperar, toda esta información extra puede llegar a saturar a los miembros de la tripulación, y por esta misma razón, en estos proyectos se tiene muy en consideración el filtrado de información, presentando solo la que sea relevante para el combatiente en función del puesto táctico que ocupe.

Además de esto, los nuevos sistemas de RA tienen ya aplicación en situaciones de movimiento empleando un software inteligente actualizado en tiempo real junto con mapas digitales que permiten elegir la ruta más adecuada según variables como el grado de conflicto en una zona, el de ocupación de las vías, y otras dando como resultado que el conductor con las gafas de realidad aumentada perciba el itinerario a realizar en cada momento.



Figura 6. How DARPA's Augmented Reality Software Works. [22]

A pesar de que esta tecnología está evolucionando e incorporándose en muchos sectores, entre ellos, Defensa, cabe destacar que la realidad aumentada aún no cuenta con una implementación exhaustiva en las unidades militares para tal efecto, siendo esta carencia objeto de este trabajo.

Capítulo 3. Análisis

El actual apartado se ha basado en estudiar la viabilidad y efectividad de aplicar dicha tecnología a la acción táctica del reconocimiento para una unidad de Caballería. Gran parte del análisis realizado para ello está enfocado en un proceso de investigación durante las siete semanas dedicadas a las prácticas externas en el GCAC “Villaviciosa” XII junto con diferentes visitas al RC “Farnesio” nº 12 y contacto con empresas civiles. Además de una búsqueda en diferentes documentos, revistas y otros medios de información.

3.1 Aplicación de los medios de RA al reconocimiento de itinerario

Pese a que esta aplicación no se encuentra actualmente integrada ni implementada en las unidades, deberemos ser conscientes de una serie de limitaciones y servidumbres que más adelante serán estudiadas y analizadas.

La idea de aplicar la realidad aumentada al reconocimiento es un proyecto ambicioso. Se centraría en aplicar esta tecnología tan innovadora a cada una de las áreas y fases que requiere llevar a cabo un reconocimiento de itinerario por una unidad de Caballería:

- **Planeamiento.** Para poder realizar un reconocimiento de itinerario se tiene que hacer un estudio previo de la cartografía, terreno, enemigo y otros factores necesarios para el reconocimiento. Actualmente existen diferentes formas de llevar a cabo el planeamiento, desde el mismo plano cartográfico hasta aplicaciones cartográficas como Carta Digital, OruxMaps, Google Maps, etc.

Con la realidad aumentada, la preparación del planeamiento sería más sencillo e intuitivo. Podríamos desde observar el terreno en 3D para ver las vistas ocultas,

las zonas dominantes y ventajosas para la posterior colocación de los medios propios de Caballería durante el reconocimiento; hasta la posibilidad de interactuar con el terreno en 3D en la colocación de medios y elementos para lograr un planeamiento más intuitivo. Básicamente sería visualizar el tablero y mover las fichas del ajedrez, antes de la partida, para tener estudiados los movimientos de las fichas, y lograr ventaja ante el adversario previendo sus posibles jugadas, un “cajón de arena” virtual como se le conoce en el ámbito militar”.

- **Preparación.** Una vez que se ha realizado el planeamiento del itinerario a reconocer, hay que exponer dicho plan al resto de usuarios que tendrán un cometido durante la misión. Los métodos actuales para la exposición del planeamiento de una misión son:

- Cajón de arena
- Cajón de arena digital
- PowerPoint
- Mapa

Todos esos métodos son válidos bien según la situación en la que nos encontremos, pero con la exposición del planeamiento para la posterior preparación de la misión a realizar se busca que todo el personal conozca sus cometidos y el fin último a alcanzar, el mapa, el PowerPoint o los cajones de arena

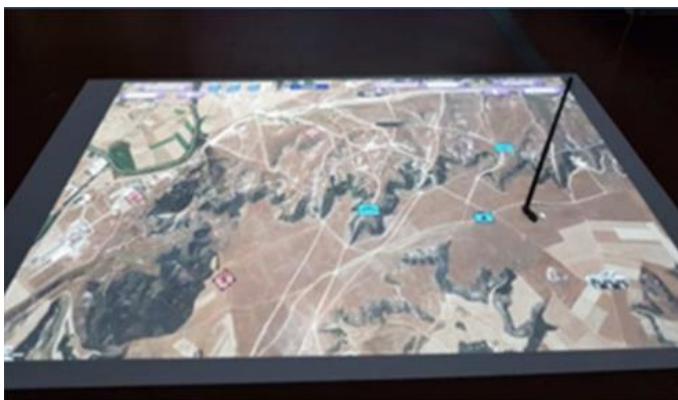


Figura 7. Sistema Cajón de Arena Digital (CAD). [22]

tradicionales pueden en un momento dado sacarnos de dudas para una exposición rápida y sencilla. Sin embargo, si queremos que todo el personal se implique y realmente se quede con sus cometidos interiorizados sin que quepa la menor duda, con la realidad aumentada

podemos conseguir todo esto y mucho más. No obstante, el cajón de arena digital (CAD) es un producto de diseño propio del RC “Farnesio” nº 12 que facilita la exposición y a su vez la comprensión del planeamiento. El CAD puede verse en la Figura 7

Este sistema busca que todos los usuarios sean partícipes de la exposición y tengan muy claro sus cometidos personales, pero también el objetivo común y por lo tanto propio del ejercicio a realizar. No obstante, si diésemos un paso más y aplicásemos la RA al CAD, facilitaríamos aún más la comprensión del planeamiento.

Un ejemplo podemos verlo en la Figura 8. Con realidad aumentada, el ejemplo tendría la ventaja de que la visualización del ejercicio no sería en 2D, sino en 3D

y eso ayudaría aún más a la exposición, sin olvidar la posibilidad de interactuar con el sistema de RA. Por otro lado, la RA nos permitiría realizar los ensayos sobre un escenario casi idéntico, sin abandonar la zona de reunión.



Figura 8. Vista general del planeamiento para el ejercicio TORO-19. Fuente: Revista Ejército de Tierra

Ejecución. Cuando ya hemos estudiado el entorno y realizado un planeamiento, la siguiente fase es llevar a cabo las dos anteriores. La conducción de la acción táctica deberá ser lo más rápida posible. Las acciones tácticas en las unidades de Caballería se basan fundamentalmente en una maniobra rápida. El detalle de la información dependerá de la misión asignada y del tiempo disponible para su ejecución.

En la Línea de Partida, este sistema nos permitiría usar un dron (tipo LIDAR) para actualizar la información del entorno operativo en el que vamos a realizar el reconocimiento, permitiendo modificar el planeamiento en caso de ser necesario o realizar un último ensayo con la información real.

El fin último es recoger información sobre:

- Croquis de la marcha.
- *Tracks*. Facilitará su comprensión con un código de colores según la Norma Operativa (NOP) de la unidad.
- Estado del firme.
 - Tipo: senda, Carretera, Autopista, Autovía, pista, camino agrícola, camino pavimentado, carretera local, carretera comarcal, carretera nacional, etc.
 - Estado: bueno, regular o malo.
 - Ancho: expresado en metros.
 - Viabilidad: VL / VLTT / CN / VCR / VCC / CC. También se puede expresar en clase militar.

- WP (*Waypoint*). Relativos a: estado del firme, intersecciones/desvíos, PO, puntos de paso obligado, puentes/tajeadas, IED, poblaciones, obstáculos, HLZ, etc.
- PO (puestos de observación). Que por lo general serán puntos dominantes en el terreno.

Con la RA, la ejecución del planeamiento sería más eficiente. Contaríamos con una serie de elementos de realidad aumentada adaptados a cada tripulante y a cada tipo de vehículo. De esta forma, durante el reconocimiento de itinerario cada combatiente visualizaría el entorno real con un extra de realidad virtual, es decir, elementos inexistentes solapados al entorno real para mejorar la capacidad informativa del soldado. Como se explicó anteriormente, con la RA se busca aumentar la realidad, y en este caso se aprovecharía dichas capacidades para mejorar la acción táctica del reconocimiento.

Bien es cierto, que no todos los tripulantes del vehículo necesitan la misma información. Por ejemplo, el conductor, en este caso, se centra en el itinerario por el que debe llevar el vehículo, y por tanto, es quién menos distracciones debe tener. Por ello, sería el tripulante con menos información virtual inyectada en su elemento de RA que en ese caso sería la misma ventana o pantalla de conducción, como actualmente tiene el CC Leopard 2E.

- **Producto Final.** Finalmente, con toda la información aportada durante y después del reconocimiento de itinerario, se elabora un informe para su posterior traspaso a otras unidades que vayan a transcurrir por dicho terreno. Toda la información que se vaya a proporcionar como resultado del reconocimiento deberá ser: oportuna, precisa, completa y breve.

Aún con toda la información relevante recopilada en un documento, la experiencia de personal en zona de operaciones lleva a que los receptores del documento no muestren interés por leer un documento con información sobre un itinerario que deben recorrer. Dicho desinterés lleva a la idea de que toda la información documentada quede reflejada en una base de datos para que el personal de otras unidades que vayan a hacer uso del itinerario tenga acceso a él a través de la realidad aumentada.



Figura 9. Ejemplo de información recogida tras realizar un reconocimiento de itinerario. Fuente: Capitán Javier Aldea Álvarez De Lara.

Estaríamos hablando de llevar la RA a nivel ejército, es decir, que todos los combatientes tuvieran acceso al sistema de RA. En este caso, el personal ajeno a los del reconocimiento, emplearían la información recabada, para actualizarla y aplicarla en sus cometidos. De esta forma se disminuiría el desinterés por parte de otras unidades. Un ejemplo muy simple sería que una vez que la Caballería reconozca, en este caso, el itinerario por el que a continuación el Arma de Infantería debe cruzar para alcanzar y realizar la limpieza de una zona urbanizada, la Infantería tendría acceso a la información recopilada y la emplearía en sus elementos propios de RA para cumplir su misión de forma exitosa.

Esta fase del reconocimiento de itinerario, es de gran interés e importancia, porque con ello se lograría que gracias a la acción táctica de la Caballería, otras unidades realizarán sus cometidos de manera más eficiente y en menor tiempo. De tal forma que conseguiríamos que cualquier unidad que tuviera que recorrer dicho itinerario tuviera a su disposición la información en vivo sobre el propio itinerario. Se evitaría de esta manera muchos imprevistos en puntos calientes, históricos o incluso por el propio vehículo en zonas que la conducción fuese peligrosa. Es decir, todo este tipo de información se vería reflejada por medio de los elementos RA, captando la atención del combatiente.

3.2 Opiniones basadas en experiencias

A continuación, se muestra la información obtenida de una serie de herramientas basadas tanto en la observación de la propia autora del TFG, como la experiencia personal del personal destinado en unidades tanto de Caballería, Transmisiones y Operaciones Especiales.

3.2.1 Observación directa

Durante las Prácticas Externas se ha estudiado y analizado los diferentes medios y materiales del que disponen el GCAC “Villaviciosa” XII. También se ha visitado las instalaciones del RC “Farnesio” nº 12 sobre el sistema de adiestramiento de Realidad Aumentada para Combate en Zonas Urbanizadas (CZURB).

Partiendo de un conocimiento sobre el funcionamiento básico de los sistemas de RA, uno de los objetivos durante las prácticas era conocer de antemano los diferentes puestos tácticos a ocupar en el CC Leopardo 2E y en el VEC. Dicho de otra manera, el fin era conocer las funciones principales y cometidos según el perfil de la tripulación: explorador, conductor, cargador, tirador o jefe de vehículo. Para ello, se fue probando los distintos medios según cada puesto, visores vehiculares, pantalla de conducción, periscopio, cámara térmica, etc.

Una vez conocido los puestos tácticos y sus materiales, la idea fue encontrar qué sistemas o materiales de RA serían aplicables a los vehiculares. Cuáles serían más factibles o convenientes para cada puesto táctico, y sobre todo, qué tipo de información virtual sería

esencial que fuese injectado sobre el entorno real, a través de los medios vehiculares a la hora de reconocer un itinerario. Todo esto fue posible gracias a la colaboración del personal con experiencia destinada en la unidad de Caballería. La siguiente Tabla 3 indica qué información sería relevante para cada puesto táctico además de la que ya disponen en los actuales vehículos presentes el GCAC “Villaviciosa” XII y en el RC “Farnesio” nº 12 y el fin que se persigue.

Tabla 3. Información de realidad aumentada en los diferentes puestos tácticos según la finalidad.

PUESTO TÁCTICO	ELEMENTO RA	FINALIDAD
Conductor	Parabrisas HUD Tablet	Facilitar la conducción teniendo toda la información necesaria sobre el terreno.
Tirador	Visor tirador vehicular RA	Observar, detectar, fijación, y en su caso, eliminar posibles objetivos.
Cargador	Gafas RA	Tener el conocimiento del estado del armamento y munición, además de poder solventar interrupciones o imprevistos con los mismos. En ocasiones actúa como auxiliar al JV.
Jefe Vehículo	Visor JV vehicular RA Gafas RA Dron	Observar y coordinar la maniobra.
Explorador	Gafas RA	Observar, detectar y eliminar posibles targets sobre vehículo o desmontado.

- Partiendo de que el conductor ya cuenta con un panel sobre los diferentes niveles y sensores correspondientes a la barcaza, es el puesto táctico que menos distracciones debería tener con elementos de RA. Esto quiere decir, que el conductor sólo debería contar con una pantalla de RA con capacidad de mostrar el itinerario marcado por el jefe de vehículo a través de un sistema GPS, como el que disponen los coches actualmente. La idea final es que el conductor tenga claro el recorrido a reconocer.
- En cuanto al cargador, lo ideal serían unas gafas RA que tuviesen la capacidad de:
 - Mostrar la información de la UCT (temperatura, viento, polvo y humedad) para la selección de la munición según dichos parámetros. Esta información procede de la estación meteorológica del propio vehículo.
 - Visualización del tipo de munición. Para ello se necesitaría que la munición contara con un código QR o una etiqueta que permitiera al cargador visualizar

el tipo de munición almacenada en la Santa Bárbara, y evitar posibles equivocaciones y aumentar la agilidad en la selección de munición.

- Navegación, es decir, en muchas ocasiones el cargador es empleado como auxiliar de navegación para facilitar la labor del Jefe de vehículo. Este modo de funcionamiento contaría con información similar a la que dispondría el jefe de vehículo durante el reconocimiento de itinerario.
- El tirador del CC Leopardo 2E y VRCC Centauro cuenta con un panel informativo sobre: tipo de munición, distancia, tipo de distancia (manual, láser, combate). Y el tirador del VEC cuenta con un panel con información sobre el tipo de munición y la cadencia de tiro. Partiendo de ello, para mejorar las capacidades del tirador, contaríamos con un visor con las siguientes capacidades:
 - *Checklist* para encendido de torre. Uno de los mayores inconvenientes actuales de los CC,s y VRCC,s son los numerosos pasos a seguir para poner en marcha las torres. Con ello, conseguiríamos agilizar el proceso y evitaríamos errores en el seguimiento de pasos.
 - Fijación de targets con el fin de mejorar el campo de visión (estrecho y amplio)
 - Zoom, que permitiría mejorar la visualización del terreno.
 - Identificación del tipo de objetivo en lo referente a si es amigo o enemigo, el tamaño y otras características. Esta información sería facilitada a través de inteligencia desde el PC.
- Los cometidos del jefe del vehículo son muchos y por ello en muchas ocasiones el cargador es utilizado como auxiliar para agilizar y ayudar al JV como se ha explicado anteriormente. Con unas gafas de realidad aumentada el JV, durante el reconocimiento de itinerario, tendría acceso a la siguiente información y facultades:
 - *Checklist* del vehículo: barcaza, torre y radios.
 - Tipo de itinerario.
 - Terreno, puntos calientes, históricos, CMAS, puentes, tajeados.
 - Visualización del mapa con las posiciones amigas y enemigas a través de la geolocalización y de la información proporcionada por inteligencia en tiempo real.
 - Posibilidad de ir actualizando la información recabada durante el itinerario y cargada en el sistema BMS para el resto de unidades.
 - Empleo de drones o RPAS con el fin de ampliar la información antes y durante la acción táctica del reconocimiento cuando la situación lo requiera, como es en el caso de zonas de paso obligado o en aquellas en las que las probabilidades de tener contacto con el enemigo sean mayores.
- En aquellos vehículos que tienen capacidad de transportar exploradores, como es el caso del TOA, del VEC o a veces el VRCC Centauro, dicho personal haría uso de

gafas de RA para llevar a cabo su misión como exploradores. Dichas gafas tendrían las siguientes competencias:

- Visualización del mapa con la geolocalización de:
 - Los vehículos y exploradores amigos y enemigos.
 - Tajeas y puentes a reconocer.
- Visualización de la munición restante.
- Señalización en el mapa de posibles IED o UXO.
- Capacidad de hacer fotos y grabaciones.

Posibilidad de asistencia remota para situaciones que lo requieran, como por ejemplo, tratamiento de primeros auxilios o incluso desactivación de artefactos. Esta capacidad tendría el objetivo de resolver situaciones en los que prevalece la velocidad.

3.2.2 Encuestas

• Transmisiones:

Se realizó una encuesta al personal de Transmisiones desplegado en Afganistán, de la FOE “Ocelote” en la actual misión *Resolute Support* [10]. La finalidad de esta encuesta era conocer con qué ventajas y desventajas contamos en zona de operaciones para mantener conectados todo el material de RA posible. Ello se debe a que se busca una conexión de los medios RA a todos los niveles, es decir, desde la propia tripulación de un vehículo hasta conseguir enlazar entre diferentes unidades y ya finalmente entre diferentes ejércitos y naciones. A continuación se recogen las conclusiones extraídas de las respuestas obtenidas del personal con una excepcional experiencia en el campo de su profesión. Se puede acceder al formato de las encuestas en Apéndice G.

- Los medios de comunicación más efectivo para el empleo de medios de RA en zona de operaciones son: el satélite; la radio vehicular siempre que nos refiramos a la red radio de combate (CNR), porque la PR4G que tiene un bit rate³ de 19.200 bps y eso es un factor muy limitante; y los sistemas de radiofrecuencia Ubiquiti⁴ con antenas direccionales para los PC y omnidireccionales para las plataformas terrestres con hasta 40 Mbps de tasa de transferencia.
- El personal contestó unánimemente que para mantener la información de los medios de RA actualizada sobre la situación, la forma más segura y rápida para conseguirlo es por medio de la Red IP. Algunos opinaron en base al soporte de la CNR y otros en base a Ubiquitis con routers, pero ambos con el objetivo de “securizar” la red.

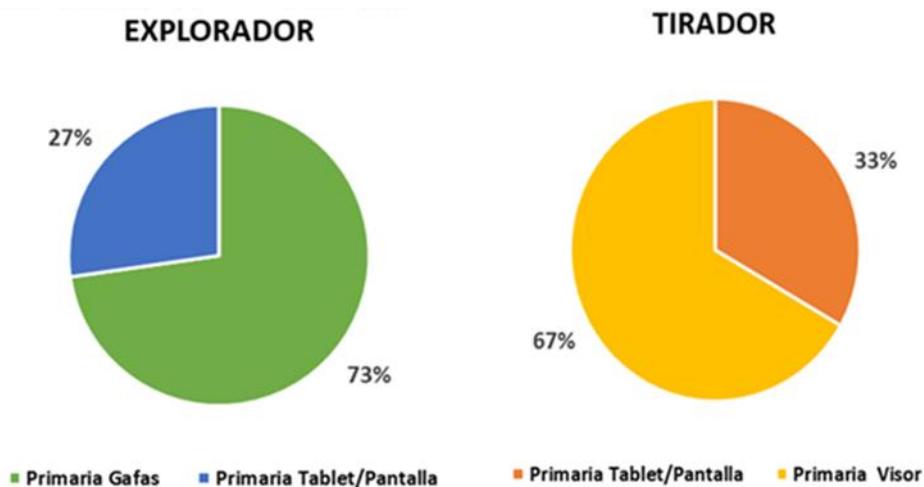
³ Bit rate. Tasa de transferencia

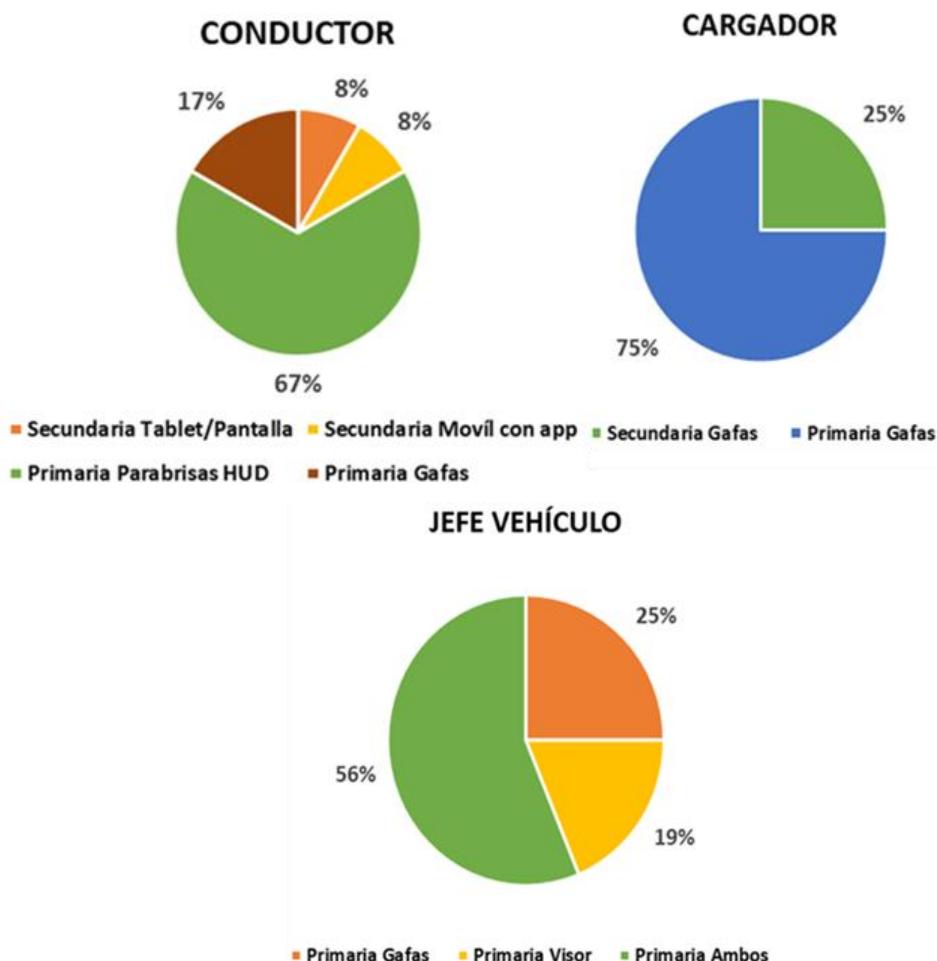
⁴ Ubiquiti. Producto comercial con antenas directivas u omnidireccionales de radioenlaces con una tasa de transferencia de hasta 40Mbit/s.

- Los inconvenientes que podemos encontrarnos en zona de operaciones para el empleo de estos medios son: la alimentación en caso de necesitar un elemento externo a la propia alimentación del vehículo; la disponibilidad permanente de cobertura en caso de ser una red de telefonía terrestre la que provea el servicio base para la red IP; la intrínseca escasa capacidad de alcance y bit rate de la red radio de combate que mejora cada día con las nuevas adquisiciones; y la obtención de las certificaciones de seguridad por parte del centro de seguridad de las tecnologías de la información y las comunicaciones (CESTIC) y de la oficina nacional de seguridad (ONS), órgano dependiente del centro nacional de inteligencia (CNI).
- La integración de los CIS de otras naciones sería viable ya que el lenguaje IP es común a todos los sistemas de transmisión de cualquier ejército bajo la bandera de OTAN. Además, de que existen medios o empresas similares (HARRIS, THALES, ELBIT, L3...) para los cuales se podrían preparar pasarelas en caso de ser necesarias.
- Especialistas en navegación y personal con experiencia en diferentes puestos tácticos:

A continuación en la Tabla 4 se recogen el resultado de las respuestas basado en una muestra de 49 personas destinadas en la base de “El Empecinado” (Valladolid). Podemos observar qué porcentaje del personal considera la aplicación de RA es una necesidad secundaria o primaria junto con qué dispositivo RA preferirían que dicha tecnología mejorase sus tareas en los respectivos puestos tácticos.

Tabla 4. Respuestas generales de personal con experiencia en los diferentes puestos tácticos





Por otro lado, la información virtual necesaria inyectada sobre el entorno real, los resultados se encuentran recogidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Información para cada puesto táctico recabado de las encuestas

Cargador	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de munición • Modo Auxiliar JV • Factores condicionantes de la munición <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Presión - Viento
Conductor	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas: <ul style="list-style-type: none"> - Anchura de la vía - Altura/profundidad de obstáculos - Nivel de combustible - Temperatura motor - Estado de las ruedas - Tiempo

	<ul style="list-style-type: none"> - Presión del CTIS⁵ • Visión 360º del vehículo • Alertas de averías • Modo de conducción
Tirador	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia a targets • Orientación de la torre sobre la barcaza • Información sobre los targets • Ventana de fuego • Sector de tiro: JV y propia • Visión lateral del vehículo
Explorador	<ul style="list-style-type: none"> • Posición: <ul style="list-style-type: none"> - Vehicular - Propia - Binomio • Coordenadas UTM • Distancia sobre puntos de interés al momento • Aviso para recarga de munición
Jefe Vehículo	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación • Coordenadas • Históricos • Itinerario • Contador de munición • Distancias

3.2.3 Entrevistas

Tras la entrevista realizada al Cabo Primero Castillo en las dependencias de simulación del RC. “Farnesio” nº 12, el Cabo 1º defiende que sí se podría integrar la RA en las pequeñas unidades de tal forma que mandarían información sobre direcciones, rutas alternativas, información de inteligencia, etc., y todo esto en tiempo real desde un PCBON. También aboga por que la adquisición de los dispositivos de RA sea internamente en el Ministerio de Defensa puesto que ello supondría un ahorro económico a la larga. Finalmente, en cuanto a mantener un flujo de información en vivo, afirma que gracias a la red de datos que el Ejército dispone, esta posibilidad sería posible, pero considerando la opinión de expertos en Guerra Electrónica (EW) y Transmisiones. En el Apéndice H se puede consultar la entrevista al completo.

⁵ CTIS: Sistema de autoinflado para las ruedas de un vehículo blindado, del inglés Central Tire Inflation System.

3.3 Análisis DAFO

En este apartado se presenta la tabla del análisis DAFO como resultado de la herramienta facilitada por la página del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

El análisis DAFO, como bien indica sus iniciales, es un estudio sobre los factores internos (Debilidades y Fortalezas) así como los externos (Amenazas y Oportunidades) que influyan en la situación actual del proyecto. De esta manera, lo que se busca posteriormente es la maximización y aprovechamiento de las Oportunidades y Fortalezas, además de minimizar y evitar las Amenazas y Debilidades, creando una serie de estrategias.

“La importancia dada a los factores DAFO que influyen en cada estrategia, nos permitirá establecer prioridades a la hora de ejecutar cada una de estas estrategias”, como bien explica la página web del Ministerio del Gobierno de España. La realización del análisis DAFO ha sido posible gracias a las técnicas impartidas en la asignatura de Oficina de Proyectos en [11]

Tabla 6. Matriz de factores

Debilidades	Amenazas
 Debilidades <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poca información en este campo tecnológico (Poco Importante) ▪ Coste económico en la adquisición de los sistemas (Muy Importante) ▪ Dependencia excesiva de la tecnología (Muy Importante) ▪ Necesidad de una formación previa para la adaptación del usuario a los sistemas (Importancia Crucial) ▪ Servidumbres generales en la integración de los medios de RA a los actuales (Importancia Media) ▪ Información pesada para su distribución (Muy Importante) ▪ Limitado alcance del sistema de cámaras (Importancia Media) 	 Amenazas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas en la integración de materiales civiles a los equipos militares actuales (Muy Importante) ▪ Problemas en el cumplimiento de contrato con proveedores externos (Muy Importante) ▪ Aparición de limitaciones y servidumbres propias de los sistemas de RA (Importancia Media) ▪ Problemas de enlace entre los medios RA (Importancia Crucial) ▪ Exceso de información virtual sobre el entorno real para el usuario (Importancia Media)
Fortalezas	Oportunidades
 Fortalezas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor detalle y precisión en la información obtenida en el reconocimiento (Muy Importante) ▪ Mayor rapidez en la ejecución del reconocimiento (Muy Importante) ▪ Facilidad en la obtención, actualización y distribución de la información (Importancia Crucial) ▪ Mejorar las capacidades en el planeamiento, ejecución y producto final del reconocimiento (Muy Importante) 	 Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificación de objetivos HVT (High Value Targets) (Muy Importante) ▪ Agilidad en el reconocimiento de puntos claves del terreno (Muy Importante) ▪ Acceder a información actualizada (Importancia Crucial) ▪ Aprovechamiento de los medios propios durante el reconocimiento (Importancia Media) ▪ Información adaptada a cada usuario (Importancia Crucial)

Tabla 7. Estrategias ordenadas por prioridad

<p>1.  Estrategia Defensiva. Tener información actualizada de los TTPs en tiempo real</p>	
 Fortalezas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilidad en la obtención, actualización y distribución de la información (Importancia Crucial) 	 Amenazas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas de enlace entre los medios RA (Importancia Crucial)

Aplicación de la Realidad Aumentada al Reconocimiento de Itinerario
Año 2019 - 2020

2.  Estrategia Ofensiva. Proporcionar ventaja táctica a la unidad superior e inferior

 Fortalezas

- Mayor detalle y precisión en la información obtenida en el reconocimiento (Muy Importante)
- Facilidad en la obtención, actualización y distribución de la información (Importancia Crucial)
- Acceder a información actualizada (Importancia Crucial)

 Oportunidades

3.  Estrategia Supervivencia. Menor exposición del personal en el reconocimiento de los HTV y Puntos Claves del terreno

 Debilidades

- Dependencia excesiva de la tecnología (Muy Importante)
- Problemas de enlace entre los medios RA (Importancia Crucial)

 Amenazas

4.  Estrategia Adaptativa. Filtrar la información

 Debilidades

- Servidumbres generales en la integración de los medios de RA a los actuales (Importancia Media)
- Información pesada para su distribución (Muy Importante)
- Acceder a información actualizada (Importancia Crucial)
- Información adaptada a cada usuario (Importancia Crucial)

 Oportunidades

5.  Estrategia Supervivencia. Actualización de los sistemas y materiales RA

 Debilidades

- Dependencia excesiva de la tecnología (Muy Importante)
- Servidumbres generales en la integración de los medios de RA a los actuales (Importancia Media)
- Problemas en la integración de materiales civiles a los equipos militares actuales (Muy Importante)
- Aparición de limitaciones y servidumbres propias de los sistemas de RA (Importancia Media)

 Amenazas

6.  Estrategia Adaptativa. Aprovechar las correlaciones entre los medios de RA y propios

 Debilidades

- Coste económico en la adquisición de los sistemas (Muy Importante)
- Servidumbres generales en la integración de los medios de RA a los actuales (Importancia Media)
- Aprovechamiento de los medios propios durante el reconocimiento (Importancia Media)

 Oportunidades

3.4 Análisis comparativo entre distintos medios de RA

Hoy en día, muchas son las empresas interesadas en llevar a cabo proyectos de I+D basado en Realidad Aumentada, pues como se ha explicado en apartados anteriores, este tipo de tecnología es muy innovadora.

Comparando y analizando las distintas características y capacidades de los que se componen los distintos elementos de RA, hemos podido realizar una comparación mediante un diagrama de telaraña donde se clasifica la información. Se trata de un mapa cognitivo que sirve para organizar los contenidos señalando sus características. Este análisis ha seguido la metodología de Oficina de Proyectos en [11]

Por un lado se han comparado los distintos elementos, que se encuentran en la lista de materiales en el Apéndice E, según las necesidades para cada puesto táctico que ocupa el usuario en una unidad de Caballería. Entre los distintos dispositivos RA de diferente índole y las necesidades de cada puesto táctico, en la Figura 10 podemos apreciar qué valor del 0 al 5 adquiere cada dispositivo RA según el puesto táctico. Siendo el 5 lo más efectivo y necesario para dicho puesto, y el 0 innecesario para el respectivo puesto táctico.

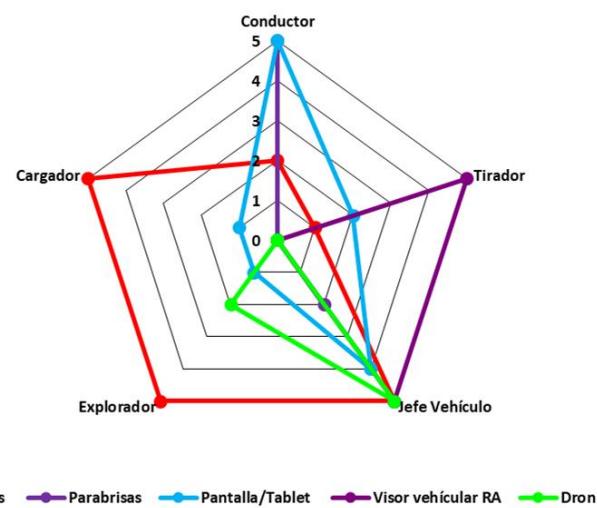


Figura 10. Diagrama Telaraña 1. Dispositivos RA según el puesto táctico

Por otro lado, debido a que las gafas de RA son el elemento que más empleo tendría para la mayoría de los usuarios en el reconocimiento, se han comparado las distintas gafas más destacables en el mercado en base a unos factores que se detallan en el Apéndice F, los cuales han sido ponderados en una escala del 0 al 5. Con ello, entre las Gafas de RA más destacables en el mercado, las más aptas para el Ejército y por tanto para llevar a cabo un reconocimiento de itinerario son las tres que podemos observar en la Figura 11: gafas DARPA/iARM, gafas Hololens 2/Ivas, gafas Meta 2. Para poder ordenarlas, hemos dado prioridad a las que menor volumen presenta, la que mayor campo de visión tenga, mayor ergonomía permita, y por último, la que mayor capacidad de conexión inalámbrica permita y mayor facilidad de adquisición, es decir, la que menos dificultades pueda presentar a la hora de realizar su compra.

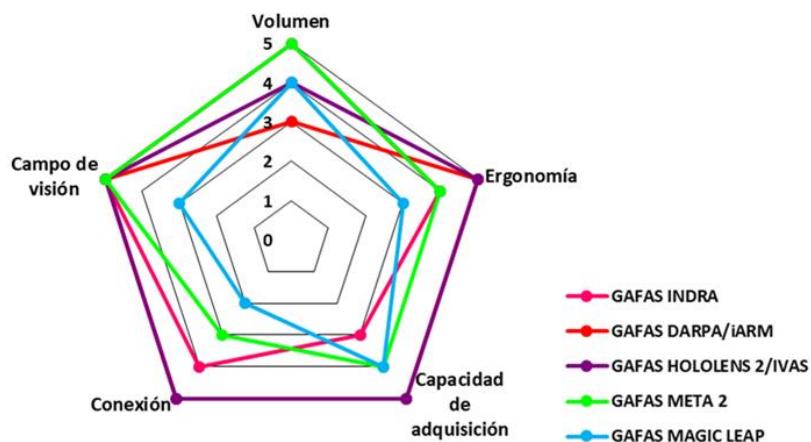


Figura 11. Diagrama Telaraña 2. Efectividad entre gafas de realidad aumentada

Capítulo 4. Propuesta

En este capítulo se presenta la relación entre las necesidades de los puestos tácticos y los elementos de realidad aumentada.

4.1 Relación puestos tácticos y elementos de RA

Con todo lo explicado anteriormente, se ha buscado una relación entre estas necesidades en los puestos tácticos con los distintos medios de RA. Muchos de estos elementos de RA existen actualmente en el mercado, pero otros, como los visores del tirador y jefe de vehículo necesitarían una adaptación e instalación de un sistema de realidad aumentada.

En la siguiente Tabla 8, *grossó modo*, se muestra cómo podríamos adaptar las necesidades y perfiles de cada miembro de la tripulación de un vehículo de Caballería con los diferentes elementos de realidad aumentada.

Tabla 8. Relación entre las necesidades de los distintos puestos tácticos y los medios de RA

PUESTOS TÁCTICOS CON REALIDAD AUMENTADA	
Conductor	<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla/Parabrisas RA con guiado de conducción basado en GPS: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Checklist encendido vehículo ▶ Recorrido del itinerario ▶ Cámara térmica, IR y nocturna
Cargador	<ul style="list-style-type: none"> • Gafas RA: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Modo auxiliar de navegación ▶ Tipo de munición ▶ Información de la Unidad Control de Tiro (UCT)
Tirador	<ul style="list-style-type: none"> • Visor vehicular RA: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Checklist para encendido de torre ▶ Zoom

	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificación tipo de target ▶ Fijación de objetivos ▶ Distancia al objetivo, su velocidad y dirección de avance ▶ Orientación de la torre ▶ Sector de tiro asignado ▶ Sector del JV ▶ Puntos de referencia (TRP,s) y Línea restricción de fuego (RFL,s) ▶ Cámara térmica, IR y nocturna
Jefe Vehículo	<ul style="list-style-type: none"> • Gafas RA: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Checklist encendido de: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Barcaza ▪ Torre ▪ Radios ▶ Mapa con posiciones amigas y enemigas ▶ Actualización de la información en el BMS ▶ Previsión meteorológica ▶ Tipo de itinerario ▶ Información relativa al terreno, históricos, puntos calientes, IED, Campo de Minas (CMAS), puentes, tajeadas, etc. ▶ Empleo RPAS. ▶ Cámara térmica, IR y nocturna • Visor vehicular RA Mismas capacidades que el tirador.
Explorador	<ul style="list-style-type: none"> • Gafas RA: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Mapa con posiciones amigas y enemigas ▶ Identificación de targets y distancia ▶ Fijación de targets ▶ Munición restante ▶ Señalización de IED, UXO, CMAS ▶ Cámara de fotos y vídeo ▶ Cámara térmica, IR y nocturna

4.2 Ejemplos de realidad aumentada en cada puesto táctico

A continuación se muestra un ejemplo de lo que vería cada usuario en su respectivo puesto táctico. Estos ejemplos son el resultado del anterior estudio y análisis que se ha ido realizando durante el anterior capítulo.

Como podemos observar en la Figura 12, el cargador tendría la oportunidad de identificar el tipo de munición con solo mirarla a través de unas gafas RA. Para ello deberemos tener en cuenta que la munición debería ir etiquetada con códigos QR o similar para poder llevar a cabo esta rápida identificación. Además de visualizar el tipo de munición, el cargador tendría al alcance diferentes factores que influyen en cada munición y por tanto en la elección, por parte del cargador, del tipo de munición a elegir en cada disparo. No podemos olvidar que este puesto táctico en muchas ocasiones es utilizado como auxiliar del jefe de vehículo y por ello contaremos con la posibilidad de que el cargador pueda cambiar el modo de funcionamiento de sus gafas RA a un modo de apoyo al JV.

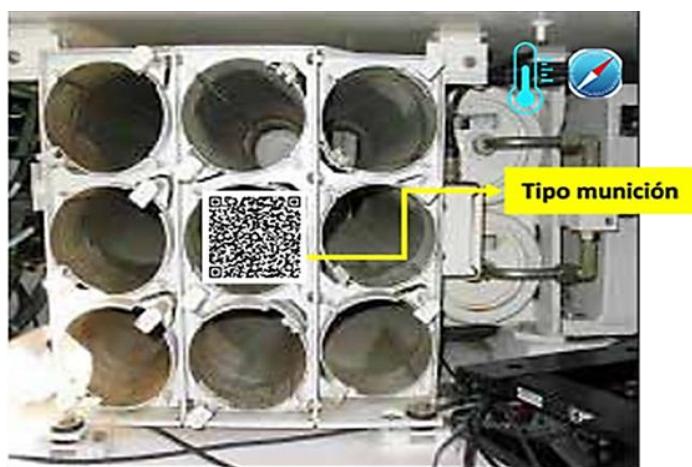


Figura 12. Realidad aumentada en el puesto táctico de cargador

La Figura 13 se ha creado a partir del visor original del JV de un Centauro en la que se aprecia el retículo estadimétrico (figura en blanco) que marca distancias y velocidades del objetivo que estemos fijando, pero cuyo uso es complejo. Sin embargo con RA, como podemos apreciar en la imagen, el tirador tendría conocimiento de la orientación de la torre con respecto de la barcaza; las coordenadas, el tipo, la distancia y la velocidad del objetivo identificado y fijado; el sector de tiro del propio tirador y el sector de vigilancia del JV; los TTP,s y RFL,s como medidas de coordinación; y así como la posibilidad de hacer zoom. Con ello, el retículo estadimétrico quedaría obsoleto.

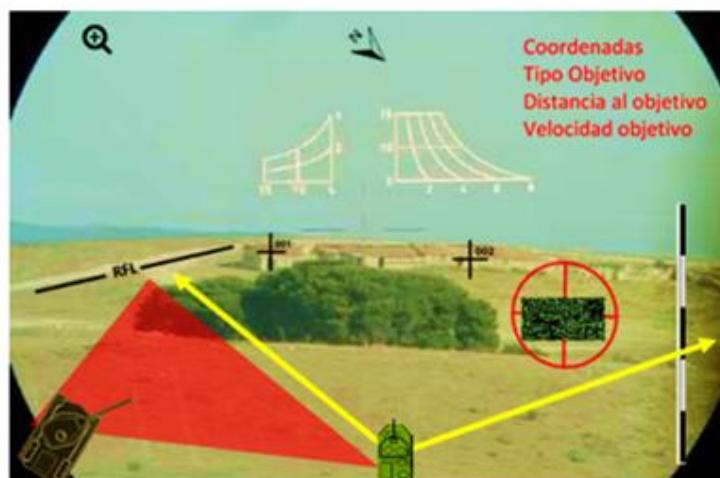


Figura 13. Realidad aumentada desde el puesto de

En cuanto a la RA aplicada en las gafas de un explorador un ejemplo claro es el que se indica en la Figura 14. En este caso, los exploradores tendrían la capacidad de hacer fotos y vídeos con el fin de recoger información durante el reconocimiento de todo aquello que resultara de interés.

También contarían con la visualización de un mapa de la zona con las posiciones amigas y enemigas, así como de la cantidad de munición de la que disponen en ese momento y del tipo de armamento. Con la posibilidad de estar enlazados en tiempo real desde el nivel más bajo hasta el más alto, la identificación de objetivos sería más sencilla y el flujo de información más rápida. Por eso, en la imagen, la idea es que el explorador en tiempo real reciba información acerca de los objetivos que está percibiendo.

Para el conductor sería el puesto táctico con menor información virtual inyectada sobre el entorno real. Esto se debe a que la prioridad fundamental de un conductor es tener las menores distracciones posibles para la conducción del vehículo. Con la RA lo que se busca es que tenga a su alcance información sustancial que le pueda ayudar a realizar una conducción más sencilla y así evitar accidentes por falta de información o campo de visión. Para este puesto táctico lo que se busca es que el conductor sepa el itinerario que está recorriendo y a su vez tenga información sobre la vía, la orientación, elementos de intereses como posibles históricos, obstáculos, etc.

Para el JV y el modo auxiliar del cargador tendrían a su alcance información sobre el



Figura 14. Realidad aumentada a través de las gafas de un explorador



Figura 15. Realidad aumentada en el puesto del conductor



Figura 16. Realidad aumentada en el puesto de JV

itinerario y la visualización del mapa de la zona con posiciones amigas y enemigas. El JV tendría la opción de emplear un dron durante el reconocimiento o previo a la realización del mismo. Por ello, el jefe con dicha opción, dejaría de ver su alrededor y pasaría a

contemplar la imagen que recabaría el dron durante su vuelo. Un claro ejemplo lo podemos ver en la Figura 15.

Capítulo 5. Conclusiones

Con la Realidad Aumentada podemos aumentar la información que el entorno real no nos otorga mediante la sobreimpresión de elementos virtuales. Aplicar esta realidad al reconocimiento de itinerario es una gran oportunidad para las Unidades de Caballería. Se verían implicados todos los puestos tácticos (conductor, cargador, tirador, jefe de vehículo y explorador) de cualquier tripulación de Caballería. Dicha aplicación aumentaría la eficacia y la efectividad antes, durante y después del reconocimiento de itinerario, pues contaría con los mejores medios y sistemas de RA. Por ello se ha diferenciado los distintos puestos tácticos que ocupa un tripulante de una unidad de Caballería y qué tipo de elemento de RA es el más esencial para el cumplimiento de su tarea.

Con el fin de poder llevar a cabo lo mencionado anteriormente, se ha realizado un trabajo de investigación y de análisis. Lo primero de todo se ha recabado información acerca del estado del arte para reflejar el concepto de Realidad Aumentada, después, se han mostrado los resultados obtenidos de unas encuestas respondidas por personal con experiencia en navegación, en transmisiones y sobre todo en los diferentes puestos tácticos con los que se han podido reflejar qué sistemas y elementos serían más aptos para dicha aplicación y qué inconvenientes podremos encontrarnos en zona de operaciones para mantener un flujo de información en vivo y una buena conexión, así como la forma de evitarlos. También se han analizado los posibles medios de RA en el mercado o aquellos que necesitarían una actualización e integración de dicha tecnología. Finalmente se ha realizado una propuesta de visualización de la realidad aumentada en cada uno de los puestos tácticos persiguiendo alcanzar las necesidades que en dichos puestos se requieren.

Es por ello que la Realidad Aumentada supone un apoyo primordial para sacar el máximo provecho de cada uno de los cometidos designados para llevar a cabo el reconocimiento. Con esta integración, esta acción militar táctica sería más sencilla de ejecutar. Y todo ello gracias a la reducción de factores que hoy por hoy influyen en esta acción, tales como, la incertidumbre, los peligros de hallar IED,s, puntos calientes, etc.

Como líneas de trabajo futuro, el proceso inmediato para lograr que este proyecto se lleve a cabo es investigar la posible arquitectura de un sistema de RA en base a una serie de normas y procedimientos que regulen su uso y estandaricen tanto los procedimientos de empleo del sistema como los productos a obtener; los medios informáticos (hardware y software); y un análisis de costes para ahondar en la efectividad de un desarrollo propio o externalizar la adquisición de los medios de Realidad Aumentada.

Bibliografía

- [1] MADOC, «Simbología militar terrestre,» de *Recopilación de signos convencionales en el ámbito terrestre*, (PD0-002).
- [2] MADOC, Glosario de términos militares, (PD0-000).
- [3] MADOC, Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra (PD4-200), vol. I y II.
- [4] AGM, Empleo de las pequeñas unidades de Caballería (4º EMIEO).
- [5] AGM, Combate de la Caballería (4º EMIEO).
- [6] A. Tiburcio, «Línea del tiempo de Realidad Aumentada,» [En línea]. Available: <https://www.timetoast.com/timelines/linea-del-tiempo-de-realidad-aumentada>.
- [7] Europa Press, «John Hanke (Niantic) en el MWC: la realidad aumentada es uno de los cambios paradigmáticos de la década,» 26 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.europapress.es/catalunya/noticia-john-hanke-niantic-mwc-realidad-aumentada-cambios-paradigmaticos-decada-20190226130835.html>.
- [8] RT, «El Pentágono presenta un casco de realidad aumentada para sus soldados,» 27 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://actualidad.rt.com/actualidad/239613-pentagono-presentar-casco-realidad-aumentada>.
- [9] DIDOM-IV-018, «Tendencias (2018-2019),» de *"Tendencias según especialidades"*, vol. II.
- [10] MINISDEF, «Misiones en el exterior,» Septiembre 2019. [En línea]. Available: https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/.
- [11] CUD, «Oficina de Proyectos,» de *Gestión de adquisiciones*, OFI, 2018.
- [12] APP-6 (C), Nato Joint Military Symbology.
- [13] El Confidencial, «Así es la tecnología de realidad aumentada que mejora las operaciones militares,» 28 Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.elconfidencial.com/empresas/2019-05-28/indra-gafas-realidad-aumentada-defensa-bra_2020314/.
- [14] E. Martín, «Darpa trabaja en unas gafas de realidad aumentada para dar visión sobrehumana a los soldados,» 26 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://es.gizmodo.com/darpa-trabaja-en-unas-gafas-de-realidad-aumentada-para-1795595920>.
- [15] T. Haselton, «How the Army plans to use Microsoft's high-tech HoloLens goggles on the battlefield,» 6 Abril 2019. [En línea]. Available:

Aplicación de la Realidad Aumentada al Reconocimiento de Itinerario
Año 2019 - 2020

<https://www.cnbc.com/2019/04/06/microsoft-hololens-2-army-plans-to-customize-as-ivas.html>.

- [16] T. Castillo, «Magic Leap One, el dispositivo de realidad mixta que promete ser "revolucionario", comienza a venderse por 2.295 dólares,» 8 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/magic-leap-one-dispositivo-realidad-mixta-que-promete-ser-revolucionario-comienza-venderse-2-295-dolares>.
- [17] MINISDEF, «El Ejército de Tierra diseña su primer sistema de adiestramiento de Realidad Aumentada,» 27 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.defensa.gob.es/comun/slider/2019/06/190627-realidad-aumentada-et.html>.
- [18] YellowScan, «¿ Cómo funciona LiDAR ?,» [En línea]. Available: <https://www.yellowscan-lidar.com/es/applications-and-users/how-lidar-works>.
- [19] BMW, «BMW Head-Up Display,» [En línea]. Available: <https://www.bmw.es/es/footer/footer-section/glosario-bmw/bmw-head-up-display.html>.
- [20] Blog FTP, «IVAS: las gafas de realidad aumentada militares basadas en las HoloLens 2 de Microsoft,» 10 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.grupoftp.com/noticias/ivas-las-gafas-de-realidad-aumentada-militares-basadas-en-las-hololens-2-de-microsoft/>.
- [21] The Atlantic, «How DARPA's Augmented Reality Software Works,» 27 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/05/hows-darpas-augmented-reality-software-works/371652/>.
- [22] Memoria CAD, *Implementación del cajón de arena digital en la Academia General Militar*, 2019.

Apéndice

Apéndice A. Simbología militar

Según el manual [12], los símbolos más comunes que podemos encontrarnos en un reconocimiento de itinerario son los siguientes:



Figura 17. Estructuras Orgánicas. Departamento de Ciencia Militar, Combate de la Caballería

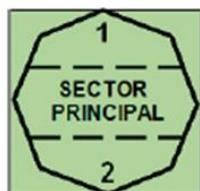
AMIGO/PROPIO



HOSTIL



NEUTRAL



DESCONOCIDO

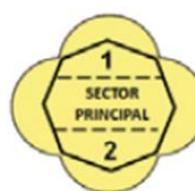


Figura 18. Simbología militar según el tipo



Figura 19. Ejemplo de vehículos amigos/propios y elementos neutrales en el terreno

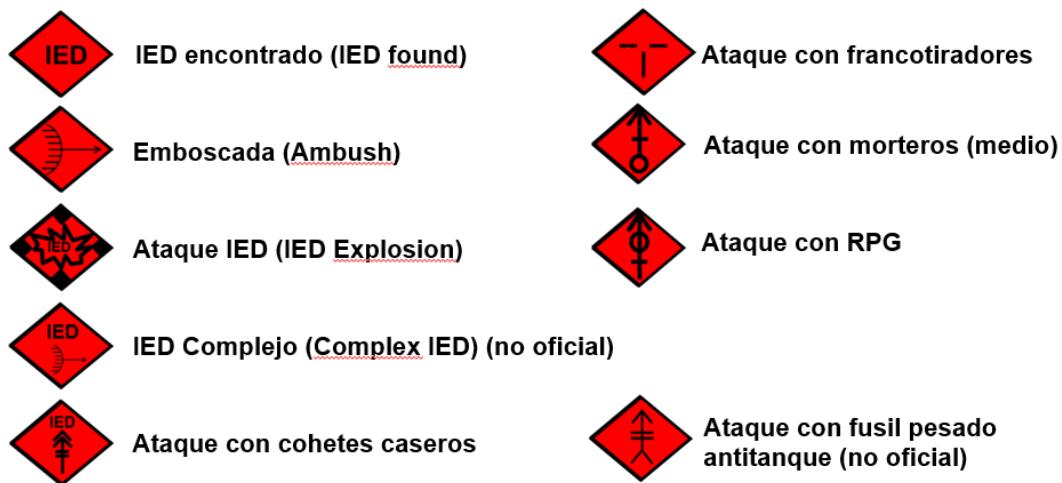


Figura 20. Ejemplo de elementos hostiles

Apéndice B. Líneas de coordinación

Las principales líneas y puntos de coordinación para realizar un planeamiento que podemos encontrar son:

- Líneas de coordinación (LC), en las que se incluyen:
 - Línea de partida (LP).
 - Línea límite de avance (LLA).
- Puntos de verificación (PVE).
- Límites de la zona de acción (ZA).
- Puntos de contacto (PCON).
- Medidas de coordinación de los fuegos de apoyo necesarias (TRP,s)

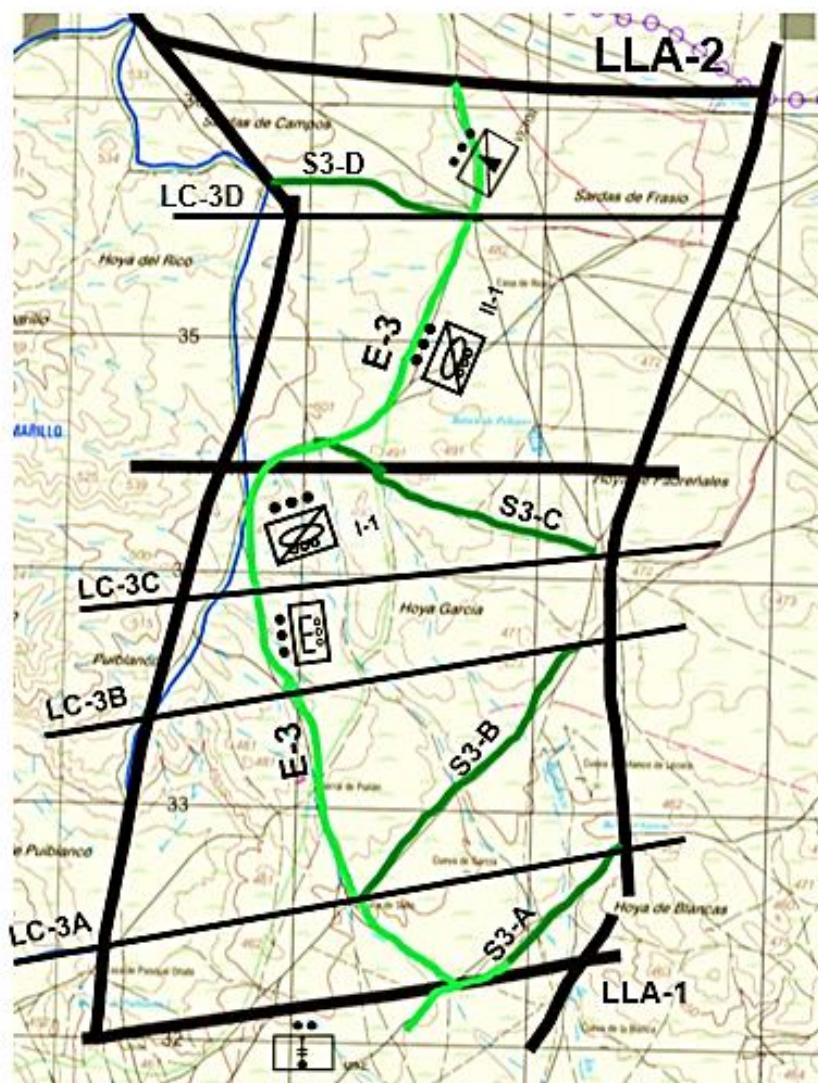


Figura 21. Medidas de coordinación. Elaboración propia

Apéndice C. Cometidos generales en un Reconocimiento de Itinerario

Los principales cometidos a realizar por una unidad de Caballería en un reconocimiento son los siguientes:

- Reconocer y determinar la visibilidad y viabilidad del itinerario.
- Reconocer el terreno adyacente desde el cual el enemigo puede visualizar el avance a lo largo del recorrido y hacer fuego directo sobre las fuerzas propias.
- Localizar aquello que puede afectar al movimiento como zonas urbanas, infraestructuras, áreas en construcción, etc.
- Localizar lo mencionado anteriormente y limpiar las posibles obstrucciones del itinerario marcado.
- Localizar áreas contaminadas y, en dicho caso, definir y señalizar sus límites. Este cometido contaría con el apoyo de unidades especializadas en el reconocimiento NBQ.
- Localizar itinerarios alternativos al principal que permitan desbordar zonas urbanas, obstrucciones y áreas contaminadas. Es decir, flanquearlas, rodearlas, de tal manera que se puedan evitar.
- En todo momento se debe tener presente la posibilidad de encontrarnos con alguna amenaza como un artefacto explosivo improvisado (IED, del inglés Intermittent Explosive Disorder), un campo de minas (CMAS) o incluso un munición sin explosionar (UXO, del inglés Unexploded Ordnance). Tanto en zona de operaciones como en los mismos campos de maniobras. Para ello se deberá llevar a cabo:
 - Comprobar su posible emplazamiento en aquellas zonas donde el enemigo tiene por costumbre colocarlos mediante el previo estudio de sus tácticas, técnicas y procedimientos (TTP,s).
 - Comprobar los históricos IED. Lugares donde el enemigo haya colocado alguno con anterioridad.
 - Identificar y localizar lugares que resulten propicios para su colocación.
- Gestionar el percance en caso de detectar un posible artefacto y poner en marcha el procedimiento establecido en la orden de operaciones (OPORD), en las TTP de las fuerzas propias para la misión o en las normas operativas particulares recogidas en la NOP de la unidad.

Apéndice D. Línea temporal de la Realidad Aumentada



Apéndice E. Elementos de Realidad Aumentada

A continuación se refleja una lista de dispositivos y sistemas de RA destacando sus principales componentes y características.

GAFAS INDRA



Figura 22. Gafas INDRA RA [13]

SOFTWARE	HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• Big Data• Data Analytics	<ul style="list-style-type: none">• Gafas RA• Satélite• Hologramas• Sensores	<ul style="list-style-type: none">• Empresa Española• Hipercconectividad• Adaptación al perfil del usuario• Interacción usuario-sistema mediante gestos• Recoge la información de los sensores• Permite la solicitud de asistencia remota• En zona operaciones la comunicación es vía satélite

GAFAS DARPA



Figura 23. DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. [14]

SOFTWARE	HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
• HUNTR	<ul style="list-style-type: none">• Gafas RA• Sujeción para casco combate• Tablet para muñeca• Cámara visión nocturna y térmica• Ocular HUNTR• Sensores• Sistema inalámbrico	<ul style="list-style-type: none">• Empresa USA• Conexión inalámbrica• Conexión Software con Centro Operaciones• El ocular HUNTR se conecta al visor del arma• Los sensores dan información adicional al soldado como la distancia al objetivo• Distribución de la información entre soldados por medio de la <i>tablet</i>

GAFAS iARM

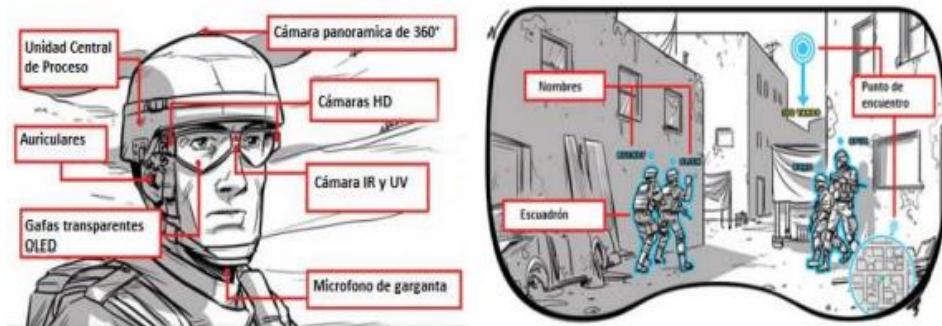


Figura 24. INTELLIGENT AUGMENTED REALITY MODEL⁶

HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• Gafas OLED transparentes• Servicio de Datos• Unidad Central de Proceso• Cámara panorámica 360°• Cámara IR y UV• Cámaras HD• Micrófono garganta• Auriculares	<ul style="list-style-type: none">• Mejor comprensión y seguimiento del transcurso de la misión• HMD mejorado

⁶ *Figura 24. INTELLIGENT AUGMENTED REALITY MODEL* Figura 24: <https://hipertextual.com/archivo/2010/06/la-realidad-aumentada-para-militares-podria-cambiar-la-forma-en-la-que-se-combate-en-la-actualidad/>

GAFAS HOLOLENS 2 DE MICROSOFT



Figura 25. HoloLens 2 de Microsoft. [15]

SOFTWARE	HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
• Libre y Abierto	<ul style="list-style-type: none">• Gafas RA• Visor• Sistema de cámaras	<ul style="list-style-type: none">• Más ligeras por la fibra de carbono• Amoldables a las cabezas de cada usuario• Cómidas por la almohadilla en la parte frontal• El visor tiene la capacidad de levantarse en un solo gesto.• Reconoce fácilmente los movimientos de las manos para interactuar con ellas.• Incorporan reconocimiento ocular del usuario a través de la retina y cargan la configuración personalizada para cada uno con solo ponértelas.

GAFAS IVAS



Figura 26. GAFAS RA MILITARES BASADAS EN LAS HOLOLENS 2 DE MICROSOFT. [21]

HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• Detector térmico	<ul style="list-style-type: none">• Acople al casco de combate• Muestra posición propia, y la del resto de la unidad• Diferentes pantallas para fuerza amiga o enemigo• Brújula• Detección y fajamiento de los targets• Recopilación de información para la mejora de la puntería• Monitorización del ritmo cardíaco.• Sistema en cargado de sintetizar la información y presentar informe de resultados.

GAFAS MAGIC LEAP ONE



Figura 27. Gafas Magic Leap One RA: [16]

HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• Gafas RA• Batería portable• Sensores• Sistema de cámaras• Chip fotónico	<ul style="list-style-type: none">• Campo de visión 50° y en aumento• El sistema de cámaras permite conocer las dimensiones exactas del entorno

SISTEMA DE ADIESTRAMIENTO DE RA. RC “FARNESIO” N. ° 12



Figura 28. Sistema de adiestramiento con Gafas F-fitayl AR. [17]

SOFTWARE	HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• URBAN• VISUAL STUDIO	<ul style="list-style-type: none">• Gafas RA:<ul style="list-style-type: none">- F-fitayl Ar- META 2• Sistema de cámaras y monitores• Dianas inteligentes• Wifi y repetidores• Fusiles Airsoft	<ul style="list-style-type: none">• Sistema portable• Seguimiento del ejercicio desde el puesto d control• Imágenes 3D al mirar las dianas inteligentes• Las dianas están escritas en lenguaje ARDUINO

SISTEMA LIDAR

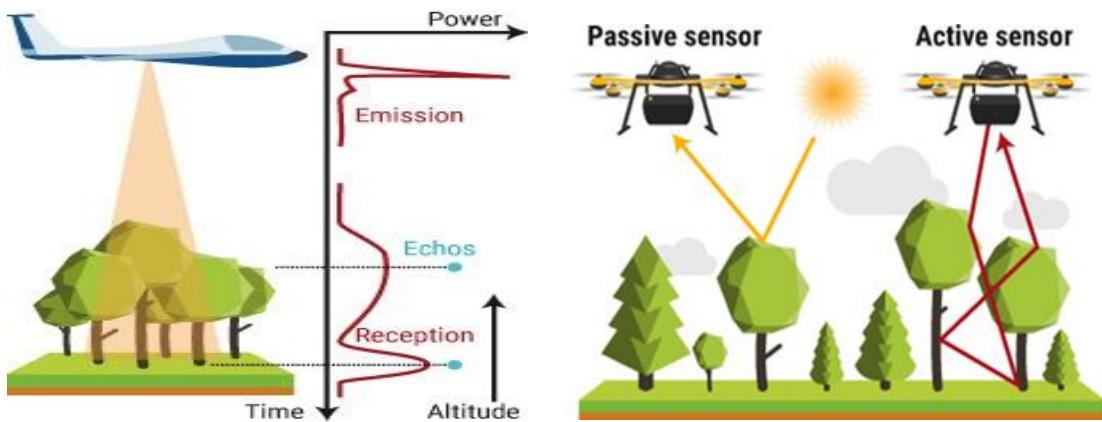


Figura 29. Funcionamiento del Sistema LIDAR. [18]

HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• Escáner láser• Sistemas de navegación y posicionamiento• Tecnología informática	<ul style="list-style-type: none">• Áreas pequeñas para sobrevolar (<10 km o 100 km)• Mapeo bajo la vegetación• Zonas de acceso difícil• Datos necesarios en tiempo casi real o regularmente• Rango de exactitud requerido entre 2,5 y 10 cm

PARABRISAS CON PROYECCIÓN HUD

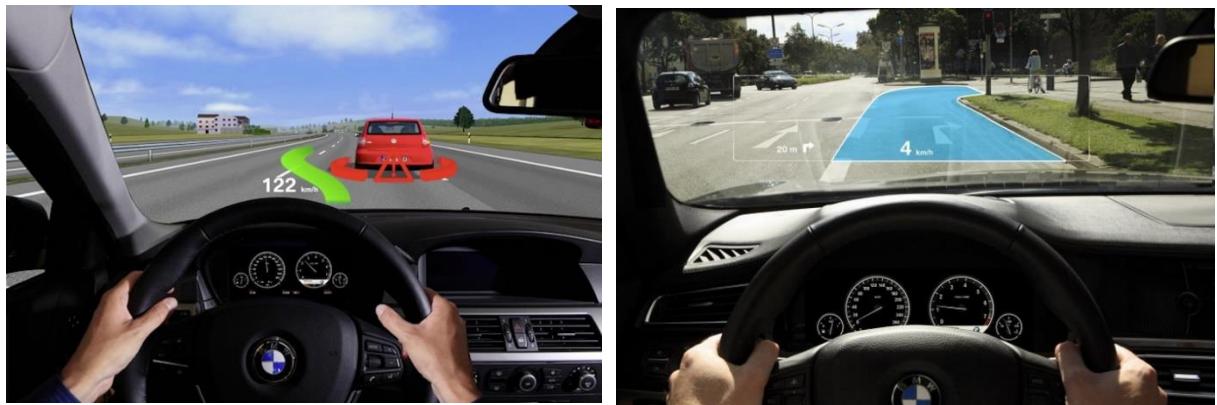


Figura 30. Parabrisas BMW. [19]

HARDWARE	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none">• Proyector detrás del cuadro de instrumentos• Sistema de espejos• Controlador iDrive para ajuste horizontal o vertical de HUD	<ul style="list-style-type: none">• Proyecta información clave sobre la conducción en el campo visual del conductor• Display a color de alta resolución y amplio formato• Las imágenes son proyectadas dos metros por encima del extremo del capot permitiendo una buena adaptación de la vista• Señales de alertas de seguridad• Límites de velocidad• Adaptación al gusto del conductor

Apéndice F. Comparación entre medios de realidad aumentada

F.1 Ponderación de factores entre las gafas de RA

Medios RA	Volumen	Ergonomía	Capacidad de adquisición	Conexión	Campo de visión
GAFAS INDRA	5	4	3	4	5
GAFAS DARPA/iARM	3	5	5	5	5
GAFAS HOLOLENS 2/IVAS	4	5	5	5	5
GAFAS META 2	5	4	4	3	5
GAFAS MAGIC LEAP	4	3	4	2	3

F.2 Ponderación de medios de RA según el puesto táctico

	Conductor	Tirador	Jefe Vehículo	Explorador	Cargador
Gafas	2	1	5	5	5
Parabrisas	5	0	2	0	0
Pantalla/Tablet	5	2	4	1	1
Visor vehicular RA	0	5	5	0	0
Dron	0	0	5	2	0

Apéndice G. Encuestas

G.1 Transmisiones

ENCUESTA VALORACIÓN DEL MODO DE COMUNICACIÓN EN ZONA DE OPERACIONES PARA EL EMPLEO DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA.

Nombre:

Empleo:

Esta encuesta tiene el objetivo de mostrar su opinión sobre el mejor modo de comunicación en la difusión de datos durante el empleo de sistemas de Realidad Aumentada (RA) en el reconocimiento de itinerario.

Pregunta 1: ¿Qué medio de comunicación considera más efectivo para el empleo de medios de RA en zona de operaciones?

- Radio vehicular
- Satélite
- Otros

Pregunta 2: Si la respuesta anterior fue “otros”, ¿cuál sería?

Pregunta 3: Para mantener la información de los medios de RA actualizada sobre la situación, ¿cuál considera la forma más segura y rápida para conseguirlo?

Pregunta 4: ¿Qué inconvenientes existe en zona de operaciones para el empleo de estos medios?

Pregunta 5: ¿Considera viable la integración de los CIS de otras naciones?

G.2 Especialistas en navegación

ENCUESTA VALORACIÓN SOBRE EL RECONOCIMIENTO DE ITINERARIO MEDIANTE MEDIOS DE REALIDAD AUMENTADA (RA).

Nombre:

Empleo:

Esta encuesta tiene el objetivo de mostrar su opinión, basada en su experiencia en zona de operaciones para una posible aplicación de medios de RA con el fin de realizar el reconocimiento de un itinerario.

Pregunta 1: ¿Consideraría necesario la implementación de medios de RA en la navegación?

Pregunta 2: ¿Qué tipo de información puede manejarse?

Pregunta 3: ¿Se podría agregar a la anotación la trama GPS de la radio que porten los vehículos?

Pregunta 4: ¿Considera importante compartir la información entre unidades?

G.3 Puestos tácticos

ENCUESTA VALORACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA APLICADA AL RECONOCIMIENTO DE ITINERARIO.

Nombre:

Empleo:

Puesto táctico:

Esta encuesta tiene el objetivo mejorar los medios propios mediante la aplicación de la Realidad Aumentada (RA) y así mejorar la acción táctica del reconocimiento de itinerario.

Pregunta 1: Según su puesto táctico en el vehículo, ¿considera fundamental el apoyo de sistemas de RA para ampliar la información del entorno real?

Pregunta 2: ¿Qué tipo de información le sería útil tener a su disposición para facilitarle la labor en su puesto táctico durante el reconocimiento de itinerario? Dicha información aparecería proyectada en las gafas, visor vehicular, pantalla o parabrisas de conducción.

Pregunta 3: ¿Qué medio de RA le sería más útil para realizar su labor?

- Gafas
- Visor vehicular con
- Tableta o móvil con app
- Pantalla
- Otro

Apéndice H. Entrevista al Cabo Primero Castillo

1. ¿En qué consiste el Software URBAN?

Es una plataforma que inyecta realidad digital o entorno digital en modelos 3D, casas, fenómenos meteorológicos dentro de la realidad que vemos nosotros a través de los ojos. Lo que se busca con este Software es inyectar fenómenos meteorológicos o figuras de personas que hagan un papel como es el del enemigo. Con ello se conseguiría evitar personal que interprete un papel para que el resto pueda instruirse. Es decir, se conseguiría que el 100% del personal pudiera instruirse y no dedicarse a simular que es un combatiente enemigo y no poder instruirse con el resto de la unidad.

A raíz de querer evitar perder personal en la instrucción para hacer más realista los temas, surgió la idea de poder crear una plataforma que proyectara personajes que hicieran de enemigos principalmente. Con el software Urban, se pueden inyectar desde un personaje simétrico ruso con sus carros de combate a la vez que simular que el usuario se encuentra en un día lluvioso, por ejemplo. También permite interactuar con los personajes y da la posibilidad de abatirlo por el fuego de manera que se observaría un blanco abatido.

El software Urban tiene como fin ser una plataforma a gran escala, que estará conectado con un servidor que también es de generación propia del personal de simulación del RC “Farnesio” nº 12. A través de este servidor, se podrá gestionar lo que queremos que aparezca en la pantalla de las gafas de RA del usuario cuando se mire a las dianas inteligentes. Todo ello mediante targets u objetivos GPS, a través de coordenadas de cualquier lugar. El resultado puede ser desde un enemigo, un edificio a reconocer, hasta unas indicaciones para llegar a cualquier sitio. Además de todo esto, el servidor confluye y junta las dianas inteligentes que lo que hacen es mandar los impactos al software Urban indicando la zona de impacto, el tiempo de reacción que ha tenido el usuario desde que se ha lanzado y se ha creado el impacto. Permite también realizar tiro nocturno para que se haga a través de luz infrarroja.

Finalmente, el proyecto de RA en el que trabaja actualmente el RC “Farnesio” nº 12, tiene como inicio trabajar en la arquitectura del software con el objetivo final de tenerlo medianamente funcional entre noviembre y diciembre.

2. ¿Con qué elementos y materiales trabajan?

- **Dos software.** Uno de ellos es el VISUAL STUDIO, un lenguaje de programación C#. Y el otro software es una herramienta, un motor gráfico, UNITY que permite desarrollar parte del “URBAN” insertando y creando toda la plataforma de la RA junto con la realidad física. Permitiendo detectar unos modelos 3D como targets o incluso unas coordenadas GPS con cierto radio de acción.
- **Un hardware.** Que incluye:

- Dianas inteligentes que están escritas en lenguaje de programación ARDUINO, las cuales se conectan entre sí por vía wifi mediante repetidores que se encontrarán por toda de combate urbano.
- Sistema de cámaras que permitirá hacer un seguimiento y la grabación de todo el recorrido durante la realización del ejercicio de instrucción. Este sistema de cámaras es importante, porque permitirá al jefe poder posteriormente evaluarlo y realizar un juicio crítico.
- Puesto de Control, a través del cual el jefe o instructor puede observar y controlar la actividad durante su ejecución.
- Gafas de realidad aumentada. A través de ellas, el usuario puede observar las imágenes en 3D cuando se observan las dianas inteligentes.
- Fusiles Airsoft.

3. ¿Cómo aplicaría la Realidad Aumentada al reconocimiento de itinerario?

Actualmente en el ejército ya trabajan con RA. Por un lado está el casco del Pizarro, que tiene incorporado el guiado del vehículo a través de la pantalla del propio casco. Por otro lado, el carro de combate Leopard disponen del conocido sistema BMS que permite a los conductores un sistema de guiado a través del cristal mediante una brújula. Y también podemos observar que los pilotos de nuestro Ejército del Aire también cuentan con cascos de visionado que funcionan con RA. Luego la RA ya se encuentra implementada en el ejército, pero la novedad sería que dicha implementación no se encuentra a nivel de pequeña unidad, principalmente por el coste tan alto que tiene. Por eso hoy en día la RA se encuentra aplicada en vehículos de alta gama como son los F18 o en aquellos en los que es necesario este sistema.

4. ¿Pero la RA se podría aplicar finalmente a pequeñas unidades?

Sí, se podría. Se podría integrar una cámara dentro del visor óptico del carrista y no sería complicado. Ello permitiría, por ejemplo, mandar información sobre direcciones, rutas alternativas, mandar zona minada, información de inteligencia, etc., y todo esto en tiempo real desde un PCBON.

Con el software URBAN, en este caso, están desarrollando la capacidad de poder enviar este tipo de información mencionada anteriormente a los soldados por zonas GPS.

5. ¿Es factible que la adquisición de los sistemas de RA sea externa al ET o sea de diseño propio?

El Cabo Primero Castillo apuesta siempre por el diseño propio. Siempre ha defendido que el ejército cuenta con personal muy cualificado con capacidad de desarrollar tanto como queramos, pero no se aprovecha tal oportunidad. Aconseja desde formar una

unidad o núcleo de gente, hasta realizar unas jornadas de búsqueda de personal sin importar el empleo, con el fin último de encontrar personas muy capacitadas. Y así, desarrollar nuestras propias necesidades como hacen otros ejércitos. Hay verdaderos talentos que están siendo desaprovechados.

Y desde el punto de vista económico, el diseño propio sería más rentable a la larga, porque no habría que pagar ni patentes, ni mantenimiento. Una opción sería el buscar proveedores que desarrollasen las patentes propias del ET. Es decir, nosotros diseñamos y mandamos a fabricar a empresas ajenas al ejército.

6. ¿Se podría ir añadiendo información en tiempo real durante el reconocimiento de itinerario?

Sí, se podría. Se iría actualizando la información por las mismas radios vehiculares, el BMS, por vía datos, ya que el ejército cuenta con una red de datos protegida y hacer uso de ella para estos menesteres. En concreto, existen varias formas de comunicación, por lo tanto se podría ir actualizando de muchas maneras.

Sin embargo un inconveniente sería las radios VH3 que no soportan el ancho de banda que necesitaría el BMS para conectar una malla muy grande de estaciones. En cambio otras radios como la HARRIS si sería buenas para poder realizar esta actualización y difusión de datos.

7. ¿Podrían los sistemas de RA ser adaptados a las necesidades del usuario?

Sí, podríamos adaptar estos sistemas de tal manera que podríamos diferenciar entre jefe de vehículo, conductor, tirador, cargador y exploradores. Sería un proyecto como se dijo anteriormente a gran escala. Cambiaría la forma del hardware, pero el software se adaptaría a las necesidades de cada uno. El resultado sería información exclusiva para el jefe que el explorador no necesitaría tener a su alcance, lo que se conocería como compartimentación de información, porque los soldados no tienen que tener toda la información del jefe. En conclusión, esta adaptación ya no solo sería viable sino también rentable.

8. ¿Cómo enfocaría la RA adaptada al planeamiento, preparación, ejecución y elaboración del producto final?

- **Planeamiento y preparación.** Se podría desarrollar algo similar a las gafas de RA que han desarrollado AIRBUS. El resultado sería ver el planeamiento en 3D sobre un cajón de arena digital similar al que han desarrollado en el RC “Farnesio” nº 12. Estas gafas permiten interactuar al usuario con sus propias manos, moviendo los elementos 3D a su gusto. Sin embargo a la hora de exponer dicho planeamiento, no sería rentable económicamente, pero con alternativas como

TABLETAS o teléfonos móviles mediante plataformas como Android, y así la exposición del planeamiento en RA sería más factible.

Una forma de conseguir que la RA fuese de bajo coste sería difundir entre el personal de la unidad, que se va a encontrar presente durante la exposición del planeamiento, la APK o el archivo del ejercicio que se va a ejecutar para su posterior descarga en las tabletas o móviles. De esta manera durante la exposición del planeamiento, el personal observaría la ejecución del ejercicio. Es decir, sería un tipo de RA, pero no en tiempo real. Sino, una RA ya preparada sobre lo que se ha planeado.

- **Ejecución.** Es la conducción de lo planeado, donde los cascos entrarían en uso. Tanto los cascos vehiculares, cascos propios de los combatientes. Sin embargo, el conductor debería tener la menos distracción posible, es decir, menos estimulaciones de gráficas, luego se podría emplear un sistema de guiado como el que tienen los carros de combate Leopard o Pizarro. En resumen, habría que diferenciar entre los cascos de la tripulación con diferentes pantallas de control.
- **Elaboración del producto final.** La RA aunque todavía es muy joven, a la larga va a ser el futuro. La inserción en tiempo real en la cámara del visor del jefe, del tirador o explorador, será el futuro. Ya no solo en unas gafas completas, sino también unas gafas con un ocular de RA enfocadas al explorador con la información justa y necesaria para el cumplimiento de sus cometidos.

9. ¿En zona de operaciones no habría problemas de comunicación?

En zona de operaciones el problema que existe son los inhibidores de los vehículos. Entonces habría que llevar a cabo un proyecto a nivel ejército que confluieran tanto Transmisiones, Electrónica, Guerra Electrónica (EW), etc. Debería basar el proyecto de tal manera que se buscara la mejor manera de conseguir la mejor conexión.

- ¿Vía satélite? Vía satélite es muy fiable, pero es lenta la conexión puesto que tiene muy poco ancho de banda.
- ¿Vía radio? Por vía radio tendríamos que tener en consideración los inhibidores vehiculares.

Luego debería haber personal que decidiera cuál es el mejor medio de transmisión de datos en zona de operaciones. Una primera persona que decidiera la forma de transmisión y mandara su implementación. Una segunda persona que haría tener en cuenta lo que hay en zona de operaciones: inhibidores, satélites disponibles, etc. Y una tercera persona que buscarse la manera de buscar todos los sistemas de transmisión con los de RA.

10. ¿Cuál ha sido su experiencia personal a la hora de probar su propio producto?

La sensación al probar las gafas de realidad aumentada es similar a la de los pilotos de caza que la primera semana en los simuladores sufren mareos y vómitos. Pero finalmente el cuerpo se acaba adaptando.

Eso llevaría a que para poder hacer uso de los sistemas de RA, debería existir un período de entrenamiento y adaptación para que todo el personal se hiciera a la sensación de ver la realidad con información virtual extra. Con ello conseguiríamos que el cuerpo y la vista se adaptaran.

Finalmente, del tipo de gafas de RA que existen en el mercado, las no aconsejables son, aquellas que se ven a través de una cámara, porque se perdería campo de visión y pasaríamos de centrar la vista de dos puntos a uno, llevando a perder la percepción de profundidad. En cambio, las gafas de cristal, se mantendría la visión completamente, porque se inyectaría la realidad virtual en el centro del cristal. Esto permitiría que el usuario no perdiera el equilibrio y solo tendría que llevar a cabo un período de adaptación para acostumbrarse a su uso.