



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Sistema de simulación de duelo en entidad sección

Autor

Cristian Buría Cuñado

Director/es

Director académico: María Teresa Aramendía Marzo

Director militar: Daniel Uroz Sánchez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2020

PÁGINA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Agradecimientos

Me gustaría aprovechar este apartado de la memoria del TFG para dejar constancia de la gratitud que le guardo a toda la gente que ha puesto su granito de arena en facilitar, no solo la realización de este trabajo, sino toda la estancia en la Academia General Militar.

En primer lugar y como no puede ser de otra manera, mis agradecimientos van dirigidos a los tutores militar y civil que han hecho posible la realización de este trabajo. Al capitán de infantería Daniel Uroz Sánchez, por el trato que me ha brindado en la unidad a lo largo de las prácticas externas, y por hacer posible la realización de todos los ejercicios que he necesitado. A la profesora del Centro Universitario de la Defensa Maite Aramendía Marzo, por su completa implicación en las labores de tutora del trabajo, y por todas las recomendaciones y correcciones que me ha hecho. También me gustaría incluir en este párrafo a alguien, que a pesar de no ser tutor, ha ayudado en todo lo posible y ha facilitado sobremanera mi aclimatación a la unidad durante las prácticas, al teniente de infantería Jesús Carrascosa, gracias por guiarme durante la iniciación a la vida profesional de un teniente.

A continuación, quiero expresar mis agradecimientos a dos capitanes que han hecho que el paso por la academia, militarmente haya merecido realmente la pena. Al capitán de las Cuevas, que, con su cercanía, profesionalidad, y temperamento se ha ganado mi respeto profesional, y sobre todo personal. Muchas gracias por el apoyo brindado en un año duro para alguien que lleva diez años sin tocar un libro. Al capitán González, sin lugar a duda el oficial del que más he aprendido, tanto en la práctica como en los valores que inculca. Gracias por ser profesional desde el primer hasta el último día, y por trabajar tan concienzudamente en que mejorásemos los planeamientos y los hiciésemos a la perfección, hace ya más de un año de ello, y creo que aún se nota quién estuvo en su sección y quién no.

La penúltima mención va dirigida a todos los profesores del Centro Universitario de la Defensa, tanto civiles como militares. Muchas gracias por la dedicación que tienen a la labor docente, por estar disponibles siempre que he tenido una duda, y por el esfuerzo que hacen para que la gente que quiere aprender, lo pueda hacer de la forma más amena y sencilla posible. Quiero hacer mención especial a tres profesores que creo que son los que más han destacado en su labor docente, tanto por su dedicación al trabajo, como por la claridad de sus explicaciones: el profesor Pascual, asignatura de Calidad en tercer curso, el teniente coronel Ruiz, asignatura de Logística aplicada a la defensa en tercer curso, el coronel Escribano, asignatura de Mundo Actual en cuarto curso.

Y en último lugar, la gente que hace que el día a día merezca la pena, todos los compañeros que he tenido la suerte de conocer cada curso, con los que he sudado a paso ligero, con los que he pasado frío y sueño en los distintos campos de maniobras en los que he estado, con los que he bebido una cerveza en cantina, especialmente a ellos les tengo que dar las gracias por hacer de estos años un etapa especial de mi vida.

PÁGINA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Resumen

El proyecto que se va a tratar a continuación se centra en el estudio del sistema de simulación de duelo Tecnobit, una herramienta que se utiliza en la instrucción y adiestramiento de unidades de infantería ligera del Ejército de Tierra español. Este sistema consta de una serie de periféricos que se anclan al equipo y al fusil del combatiente y permite simular la acción de disparar sobre otra persona, pudiendo incapacitarlo o neutralizarlo, sin usar munición real, utilizando únicamente un emisor láser y sensores receptores.

El sistema de simulación de duelo se asemeja a lo que se conoce en la vida civil como *laser tag*. El hecho de que este sistema sea usado por personal no militar en su tiempo de ocio, implica que además de utilizarse para instruir una unidad, puede mejorar el ambiente de trabajo y aumentar notablemente la implicación de los miembros de ésta durante la realización de los ejercicios que se considere.

Este proyecto pretende responder a la necesidad de mejorar la instrucción y adiestramiento de los soldados utilizando una herramienta ya existente en las unidades, como es el sistema de simulación de duelo, pero la cual se encuentra en segundo plano y no se usa tanto como se podría.

El objetivo principal que se ha planteado es analizar si el uso de este sistema en la instrucción diaria de una sección de fusiles favorece la mejora de las capacidades operativas de ésta. Para ello, en primer lugar, se ha hecho acopio de toda la información posible acerca del sistema de simulación. Esta información se ha obtenido, por un lado, de los manuales de mantenimiento y manejo con que la empresa Tecnobit ha dotado a la unidad, y, por otro lado, de entrevistas personales con el personal encargado de su manejo. A la par que esta recogida de información tenía lugar, el autor se familiarizó con el estilo de trabajo de la unidad, así como con sus tácticas, técnicas y procedimientos, ya que cada unidad tiene su forma de actuar en la instrucción en los distintos ambientes de combate. El grueso del trabajo ha consistido en la reiteración de un ejercicio usando el sistema de simulación con el objetivo de analizar su rendimiento sobre el terreno, y evaluar si se produce una mejora significativa en la capacidad de la unidad tras su uso.

Por otra parte, tras la obtención de las conclusiones acerca de la eficacia del sistema de simulación para mejorar la instrucción de una sección de fusiles, se ha elaborado una guía con una serie de ejercicios para realizar la instrucción en los distintos tipos de ambiente de combate. Dicha guía tiene el objetivo de, tras ser estudiada por un jefe de sección que pretenda usar el sistema de simulación de duelo para adiestrar a su unidad, éste pueda realizar los ejercicios sin tener que recurrir a la improvisación y evitando en la medida de lo posible las pérdidas de tiempo que se puedan producir debido a la inexperiencia en el uso de esta herramienta.

Fruto del manejo diario del sistema de simulación, y de la necesidad de reducir el tiempo perdido en tareas logísticas relativas a la recepción, puesta a punto y control de éste, se ha conseguido elaborar una guía para su utilización óptima. Este hecho se considera algo importante ya que una de las principales razones del desuso de esta herramienta en las unidades es el desconocimiento de ésta por parte de los jefes de sección y compañía.

Finalmente se han elaborado unas conclusiones generales de todo el proyecto que pueden resultar muy interesantes, y que cada jefe de unidad que tenga acceso a ellas puede extrapolar a las características de su unidad y a las condiciones del terreno en la que se encuentra. Con todo esto se espera que en el futuro, el sistema de simulación de duelo vaya ganando adeptos en las distintas unidades de infantería, y se potencie su uso en las actividades diarias de instrucción y adiestramiento.

Abstract

The project to be discussed below focuses on the study of the Tecnobit duel simulation system, a tool used in the instruction and training of light infantry units of the Spanish Land Army. This system consists of a series of peripherals that are anchored to the combatant's equipment and rifle and allows to simulate the action of shooting on another person, being able to incapacitate or neutralize it, without using real ammunition, using only a laser emitter and receiver sensors.

The duel simulation system resembles what is known in civilian life as a laser tag. The fact that this system is used by non-military personnel in their leisure time implies that, in addition to being used to instruct a unit, it can improve the working environment and significantly increase the involvement of its members during the exercises that are considered.

This project aims to respond to the need to improve the instruction and training of soldiers using an existing tool in the units, such as the duel simulation system, which, however, remains in a second plane and is not used as much as it could be.

The main objective has been to analyse whether the use of this system in the daily instruction of a rifle platoon favours the improvement of its operational capabilities. To achieve this goal, first of all, all possible information about the simulation system has been collected. This information has been obtained, on the one hand, from the maintenance and handing manuals with which Tecnobit has provided the unit, and, on the other hand, with personal interviews with the personnel in charge of its management. As this collection of information took place, the author became familiar with the unit's work style, as well as its tactics, techniques, and procedures, as each unit has its way of acting in instruction in different combat environments. The bulk of the work has been the simulation system with the aim of analysing its performance in the field and assessing whether there is a significant improvement in the capacity of the unit after its use.

On the other hand, after obtaining conclusions about the effectiveness of the simulation system to improve the instruction of a rifle's platoon, a guide has been developed with a series of exercises to perform the instruction in the different types of combat environment. This guide aims to, after being studied by a platoon leader who intends to use the duel simulation system to train his/her unit, he/she can perform the exercises without having to resort to improvisation and avoiding as much as possible the time losses that may occur due to the inexperience in the use of this tool.

As a result of the daily management of the simulation system, and the need to reduce the time lost in logistical tasks related to the reception, tuning and control of the simulation system, a guide has been developed for its optimal use. This fact is considered important since one of the main reasons for the disuse of this tool in the units is the unknowing of this by the platoon and company leaders.

Finally, general conclusions have been drawn from the whole project that can be very interesting, and that each unit leader who has access to them can extrapolate to the characteristics of their unit and the conditions of the terrain in which it is located. With all this it is expected that in the future, the duel simulation system will gain adherents in the different infantry units, and its use in daily instruction and training activities will be enhanced.

PÁGINA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Índice

1	Introducción.....	5
1.1	Ámbito de aplicación del proyecto	5
1.2	Antecedentes	6
1.3	Objetivos y alcance del proyecto	7
1.4	Metodología y planificación temporal	8
2	Descripción y características del sistema de simulación de duelo	9
3	Análisis de eficacia del sistema de simulación de duelo	11
3.1	Análisis de viabilidad.....	11
3.2	Ejercicio de simulación de combate convencional	12
3.3	Encuesta de satisfacción.	15
3.4	Conclusiones.....	17
4	Ejercicios tipo	17
4.1	Creación de los ejercicios	17
4.2	Combate convencional.....	18
4.3	Combate en población	19
4.4	Control de zona	20
4.5	Combate en subsuelo	21
5	Conclusiones	22
6	Bibliografía.....	24
7	ANEXOS	25

Índice de figuras

Figura 1 Emisor láser	9
Figura 2 Unidad de control.....	9
Figura 3 Receptor	9
Figura 4 Fundas frontal y trasera para receptor.....	9
Figura 5 Atalaje de casco con fundas	9
Figura 6 Pistola de árbitro	9
Figura 7 Cable disparador	10
Figura 8 Mesa de carga.....	10
Figura 9 Sistema de alineamiento	10
Figura 10 Evolución de la estadística 'bajas propias' a lo largo de las 6 repeticiones del ejercicio realizado.....	13
Figura 11 Evolución de la estadística 'munición consumida'	14
Figura 12 Evolución de la estadística 'tiempo'	14
Figura 13 Diagrama de correlación de las estadísticas munición consumida y bajas propias.	15
Figura 14 Ejercicio de combate convencional.	19
Figura 15 Ejercicio de combate en población.	20
Figura 16 Foto aérea de la prisión	21

Índice de Tablas

Tabla 1 Ventajas y desventajas sistema de simulación de duelo.....	7
Tabla 2 Ventajas y desventajas del airsoft.....	7
Tabla 3 Ventajas y desventajas de la munición FX.....	7
Tabla 4 Calendario semanal para uso óptimo del sistema de simulación de duelo.....	12
Tabla 5 Estadísticas obtenidas en ejercicios de combate convencional.	13
Tabla 6 Análisis respuestas de encuesta del sistema de simulación.....	16

Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos

CMT – Campo de maniobras y tiro

GPS – *Global Positioning system* (sistema de posicionamiento global)

IED – Improved Explosive Device (artefacto explosivo improvisado)

RI – Regimiento de Infantería

TOC – Tactical Operation Centre (centro táctico de operaciones)

TTP's – Tácticas, Técnicas y Procedimientos

VCI – Vehículo de Combate de Infantería

VHF – Very High Frequency (muy alta frecuencia)

1 Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del trabajo de fin de grado del grado en Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Estos resultados se han obtenido durante la realización de las prácticas externas, contempladas en el quinto año del plan de enseñanza de oficiales, en el Regimiento de Infantería Canarias 50. Su título es “*Sistema de simulación de duelo en entidad sección*” y a continuación se define el ámbito de aplicación del proyecto, la motivación de este y antecedentes, objetivos y alcance.

1.1 Ámbito de aplicación del proyecto

El sistema de simulación de duelo Tecnobit, es una herramienta que permite a una unidad militar instruirse simulando doble acción, de forma similar a la realidad (pudiendo caer heridos, o incluso muertos), usando munición de fogeo en vez de munición real. El hecho de obtener este *feedback* por parte del sistema, y tener una idea de las bajas que se hubiesen tenido, lo convierte, a priori, en una herramienta muy útil para el mando, ya que puede determinar tanto si su unidad está bien instruida o no, o si las tácticas, técnicas y procedimientos que están usando son realmente adecuadas. Además, su uso permite que los usuarios se integren más en los ejercicios que se están realizando por el hecho de ‘ganar’ a la unidad rival, lo que favorecería una rivalidad sana entre las distintas secciones que componen las compañías y batallones de infantería ligera. Por estas razones, parece interesante impulsar el uso de los sistemas de simulación de duelo para mejorar el rendimiento de los componentes de una unidad en el ámbito de la instrucción y adiestramiento.

Durante la última década el Ejército de Tierra ha vivido la introducción de nuevas tecnologías que permiten simular acciones de combate en un ambiente mucho más seguro y controlado, ya que se evita el uso de la munición de fuego real, y que también permitan evitar los gastos logísticos que se derivan de su realización. En este aspecto se deben separar en tres bloques los sistemas de simulación de duelo de los que disponen las unidades de infantería del Ejército. Por un lado, se encuentra el que permite la simulación del combate para las unidades de infantería mecanizada, el simulador de duelo del VCI Pizarro (1), que facilitan la instrucción de ciertos tripulantes de los vehículos como son el jefe de vehículo, conductor y tirador, por medio de una serie de sensores, emisores electromagnéticos y sistemas GPS. Por otra parte, se encuentra el simulador de duelo del carro de combate Leopard 2E, utilizado por las unidades de infantería acorazada, y con unas características similares al del Pizarro. Y en un último bloque encontramos los sistemas de simulación de duelo utilizados en las unidades de infantería ligera que favorecen la instrucción de cada uno de los elementos que componen una sección. Cabe decir que estos sistemas son altamente interoperables, lo cual permite alcanzar unas capacidades de instrucción muy elevadas al poder trabajar a la vez tres tipos de unidades con funciones y cometidos muy distintos, pero que es necesario combinar para lograr cumplir la misión encomendada.

En esta línea, y dadas sus características operativas, este proyecto se enmarca en el estudio e integración del sistema de simulación de duelo Tecnobit en una sección de fusiles tipo del arma de infantería ligera, con el objetivo final de fomentar su uso y optimizar la instrucción y el adiestramiento de la unidad en cuestión.

1.2 Antecedentes

El uso de sistemas de simulación dentro del ejército está en auge desde principios del siglo XXI. Podemos encontrarnos todo tipo de ellos, desde sistemas que permiten simular el vuelo en un helicóptero, el manejo de un carro de combate o de la torreta, hasta el moderno VICTRIX (2) que permite realizar ejercicios de tiro utilizando cargadores con aire comprimido. Todos estos sistemas nacieron a partir de unas necesidades importantes, como son la importancia de la reducción de costes, y la mejora de la instrucción del personal de las Fuerzas Armadas.

En el ámbito que atañe a este proyecto, podemos encontrar dos bloques perfectamente diferenciados de formas de simular el combate de un fusilero. Por un lado están los sistemas en los que se usan una serie de emisores láser y de sensores, que permiten simular el combate con el uso de emisiones electromagnéticas, entre los cuales se encuentra el sistema de simulación de duelo TecnoBit, objeto de estudio del presente proyecto. Este sistema se encuentra en su segunda fase, en la que se han implementado mejoras como mayor precisión, una estación de seguimiento de los ejercicios (la cuál no se va a tratar por no encontrarse en el RI50), y la compatibilidad con los sistemas de simulación de los vehículos Pizarro y Leopardo. Por otro lado, se dispone también de una simulación un poco más convencional y menos tecnológica, las armas de *airsoft* y la munición FX. Las armas de *airsoft* son unas réplicas de armas reales que disparan bolas de plástico y se pueden usar sobre todo en ejercicios de combate en población. La munición FX, por otra parte, en lugar de expulsar munición de guerra al realizar el disparo, expulsa una bola de pintura que se quiebra al impactar y deja la marca del impacto con el color de la pintura.

Se ha considerado oportuno introducir un análisis de las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de simulación para poder entender de mejor manera en qué consiste cada uno y poder hacer una comparación entre ellos. Este análisis se incluye en las Tablas 1, 2 y 3 para el sistema *airsoft*, el sistema de simulación de duelo y la munición FX, respectivamente.

AIRSOFT	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
El usuario siente estímulo doloroso al recibir un impacto, lo que le hace actuar de forma similar a la realidad.	No permite simular el alcance real de las armas (No se puede disparar con efectividad a más de 50 metros).
No requiere inversión de tiempo para su puesta a punto.	Las réplicas son relativamente frágiles por lo que hay que tener especial cuidado con ellas.
	Los usuarios han de portar equipos de protección que no usarían en ambiente de combate (máscara, gafas de protección...).

Tabla 1 Ventajas y desventajas del *airsoft*

SISTEMA DE SIMULACIÓN DE DUELO	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
Permite utilizar el armamento a una distancia real del enemigo ya que el sistema tiene un alcance similar al del arma que recrea	El usuario no siente estímulo doloroso al recibir un impacto, lo que puede repercutir en que no actúe como lo haría en la realidad.
Evita un posible engaño del usuario desactivando el arma en el caso de haber sido abatido previamente.	Requiere 3 horas para tener a punto los sensores y emisores. Además, es probable que algunos periféricos fallen.
Se puede usar en distintos ambientes, combate convencional ¹ , combate en población, control de zona ² .	Material sensible de sufrir averías. La reparación supone la pérdida del material durante varios meses.
	Tiene un coste inicial alto. También conlleva unos costes variables ya que cada contacto con la empresa encargada del mantenimiento supone un pago.

Tabla 2 Ventajas y desventajas del sistema de simulación de duelo

MUNICIÓN FX	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
El usuario recibe un estímulo doloroso al recibir un impacto, lo que le hace actuar de forma similar a la realidad	Los usuarios han de portar equipos de protección que no usarían en ambiente de combate (máscara, gafas de protección...)
El armamento es el que se va a usar en el combate, lo que permite realizar los ejercicios en similares condiciones que en la realidad	El coste de la munición es alto, por lo que su uso se ve relegado a pequeñas unidades muy especializadas.
No requiere inversión de tiempo para su puesta a punto.	No permite simular el alcance real de las armas (no se puede disparar con efectividad a más de 25 metros), por lo que su uso se ve limitado casi únicamente a ejercicios de combate en población

Tabla 3 Ventajas y desventajas de la munición FX

1.3 Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo de este proyecto consiste en analizar el potencial que ofrece el sistema de simulación de duelo Tecnobit para mejorar el rendimiento de los programas de instrucción y adiestramiento de las unidades de infantería ligera. En el planteamiento inicial se observaron dos casos posibles de actuación en función de los resultados de ese primer estudio: (i) en el caso de que el rendimiento del objeto de estudio fuera positivo,

¹ Ambiente de combate en el que se enfrentan dos o más ejércitos, generalmente una parte está en defensiva para mantener una posición y la otra parte ataca para ganar terreno

² Ambiente en el que una unidad se encuentra guarnecida en una posición fortificada en un territorio desestabilizado, y desde esta posición se hacen acciones de estabilización.

se elaborarían una serie de ejercicios tipo para que las secciones de fusiles puedan realizar su instrucción y adiestramiento de forma óptima; y (ii) en el caso de que el rendimiento del sistema de simulación fuera negativo, se buscaría otro posible uso que pudiera beneficiar a la instrucción de la unidad. Dados los resultados del estudio que se expondrán más adelante en la memoria, nos centramos en el escenario (i).

Como alcance del proyecto se ha establecido que el jefe de una sección de fusiles, tras revisar esta memoria, sea capaz de usar el sistema de simulación de duelo en las mejores condiciones posibles para mejorar la instrucción y adiestramiento de su unidad, optimizando el tiempo requerido en las tareas de acondicionamiento y uso del sistema.

1.4 Metodología y planificación temporal

Para lograr la consecución de los objetivos se han planteado una serie de hitos, y a continuación se expone la metodología seguida en cada uno de ellos.

- Análisis de rendimiento del sistema de simulación de duelo:

Para alcanzar este hito se ha seleccionado una sección de fusiles para realizar un ejercicio de combate convencional repetidas veces usando el sistema de simulación de duelo, y fijando una serie de estadísticas a observar, se ha analizado su evolución en cada reiteración. Tras la realización de los ejercicios se ha realizado una encuesta de satisfacción a los participantes en el mismo para conocer su opinión personal tras el uso del sistema de simulación. Además, se ha hecho un análisis de viabilidad, en el que se estudia la rentabilidad de usar el sistema a cambio del tiempo que se pierde en su recepción, puesta a punto y control.

- Creación de ejercicios tipo:

En esta fase del trabajo, se ha realizado una tormenta de ideas entre jefes de sección y compañía con el objetivo de plantear una serie de ejercicios tipo para cada tipo de ambiente de combate aprovechando la experiencia que tienen éstos en el CMT La Isleta, y su conocimiento de la instrucción de la unidad.

- Elaboración de la guía para la realización de ejercicios tipo:

En esta última parte del proyecto se ha elaborado un ejercicio tipo para cada ambiente de combate, fijando las necesidades logísticas y operativas a partir de la práctica de éstos. Los ejercicios reflejados están preparados para realizarse en el CMT La Isleta, pero las necesidades y el planteamiento de éstos pueden extrapolarse a otras unidades que dispongan de las instalaciones adecuadas.

Previo al desarrollo de la memoria, se ha determinado de forma clara y concisa el orden de los pasos que desembocará en la forma más eficaz de cumplir los hitos y realizar las tareas necesarias para la consecución de los objetivos expuestos en el tiempo disponible durante las prácticas externas.

Como se puede observar en el Diagrama de GANTT incluido en el ANEXO 1, se ha escogido seguir el modelo '*Finish to Start*' para el desarrollo de los hitos. Igualmente se ha hecho para las tareas correspondientes a cada hito, salvo en las iniciales de recogida de información y aclimatación a las TTP's de la unidad que se ha escogido seguir el modelo '*Start to Start*' ya que son tareas que se pueden realizar al mismo tiempo.

2 Descripción y características del sistema de simulación de duelo

En primer lugar, se va a proceder a listar y describir cada uno de los componentes de los que consta el sistema de simulación de duelo Tecnobit y que debe instalar cada usuario en su equipo y armamento:

- Emisor láser del simulador del arma. Figura 1
- Unidad de control. Figura 2
- 4 receptores. Figura 3
- Funda frontal para receptor. Figura 4
- Funda trasera para receptor. Figura 4
- Atalaje de casco con dos fundas para detectores. Figura 5



Figura 1 Emisor láser



Figura 2 Unidad de control



Figura 3 Receptor



Figura 4 Fundas frontal y trasera para receptor



Figura 5 Atalaje de casco con fundas

Por otra parte, existen otros accesorios que son necesarios para iniciar el sistema y mantenerlo, adaptar el emisor láser al fusil, y manejar los ejercicios que se realicen:

- Pistola de árbitro. Figura 6
- Cable disparador. Figura 7
- Mesa de carga. Figura 8
- Dispositivo de alineamiento (MATAS)³. Figura 9



Figura 6 Pistola de árbitro



Figura 7 Cable disparador

³ Dispositivo utilizado para colimar el emisor laser.



Figura 8 Mesa de carga



Figura 9 Sistema de alineamiento

Para entender un poco mejor el procedimiento para usar el sistema, se va a explicar la función de cada componente en el contexto de un ejercicio. Se trata de una explicación sencilla para tener un concepto general. En el ANEXO 2 ‘guía para la utilización del sistema de simulación de duelo’, se explica más en detalle el proceso de recepción, puesta a punto y control de los elementos del sistema. Este anexo está especialmente creado para que, en el caso de que un jefe de sección quiera usar el sistema para hacer instrucción con su unidad, teniendo acceso a este documento pueda utilizarlo de forma óptima.

En primer lugar, cada usuario del sistema tiene que colocar en su equipo una funda frontal para detector, (a la altura del esternón), una funda posterior para detector (en la espalda a la misma altura que la frontal, y el atalaje de casco con dos fundas para detectores (queda una funda a cada lateral del casco). Tras tener las fundas colocadas hay que introducir cada uno de los 4 sensores en ellas, y tras activarlas con la unidad de control, estos sensores son los que generan una especie de silueta electromagnética. Esta silueta creada será el cuerpo del usuario durante el ejercicio, por lo que si otro usuario dispara sobre ella, le podrá herir o neutralizar. Una vez activado el sistema, se coloca la unidad de control también sobre el equipo en un lugar visible por el usuario. Su función durante el ejercicio es emitir los sonidos de los disparos que otro usuario esté haciendo sobre la estación, por ejemplo un impacto cercano, ya que al usar munición de fogeo este sonido no se puede producir, y emitir un pitido cuando el usuario ha sido neutralizado para que se dé cuenta de que ya no puede seguir con el ejercicio.

Por otra parte está el emisor láser del simulador del arma. Este aparato se coloca en la parte izquierda del cañón, y con ayuda del dispositivo de alineamiento MATAS se consigue alinear el emisor con el cañón del arma, de esta manera al usar el sistema, el láser emitido alcanzará el punto al que se está apuntando con el arma. Una vez colocado el emisor, se vincula al resto del equipo (sensores y unidad de control) simplemente montando el arma al lado de los sensores del casco. Para comprobar que está correctamente vinculado se usa el cable disparador. Este cable se conecta directamente al emisor, y apretando un pulsador que tiene mientras se apunta a otro usuario, éste debería ser neutralizado en caso de que esté bien vinculado.

En último lugar se encuentran la pistola de árbitro y la mesa de carga. La mesa de carga es simplemente una mesa con una serie de conectores que se usa para recargar las baterías de los sensores y de las unidades de control. La pistola de árbitro es la herramienta que el jefe de sección, o el encargado de dirigir el ejercicio, usa para controlarlo. Tiene muchas funciones, pero solo se van a mencionar las más sencillas, y que permiten su utilización a nivel usuario. Se puede utilizar para revivir a los usuarios neutralizados, para neutralizar a los que estén vivos, para poner los sensores en modo transporte (una especie de modo hibernación para no gastar batería) y para desvincularlos entre sí. Tiene muchas más utilidades que no se han estudiado por no considerarse necesarias para el estudio de la eficacia del sistema.

A continuación, se detallan las características generales del sistema de simulación de duelo TecnoBit (3):

- Realismo y precisión: este simulador recrea los alcances y efectos de las armas en las que se instala. También simula la munición disponible, ya que requiere de munición de fogeo, y calcula los efectos producidos por los disparos según la vulnerabilidad establecida para cada arma.
- Robusto y fiable: el equipo está diseñado para evitar la posibilidad de engaño, haciendo que el Sistema no dispare si no existe munición, o si el combatiente ha sido abatido previamente.
- Compatible con los simuladores de duelo del carro de combate Leopard 2E, y con el VCI Pizarro.

3 Análisis de eficacia del sistema de simulación de duelo

Con el objetivo de analizar si el sistema de simulación de duelo es eficaz para mejorar la instrucción de una sección de fusiles, se han realizado una serie de tareas que se van a desglosar y explicar a continuación.

3.1 Análisis de viabilidad

En este apartado se valora si es viable el uso del sistema de simulación de duelo en el día a día de una sección de fusiles.

Para ello, a continuación, se listan una serie de lecciones aprendidas por el redactor de la memoria a través del trabajo de campo realizado durante las prácticas externas y una pequeña conclusión.

Las lecciones aprendidas son las siguientes:

- Este material se encuentra centralizado en la sección de simulación del regimiento. Al encontrarse custodiado por otra unidad, se requiere hacer un relevo de material, y éste se debe hacer con especial dedicación, lo que requiere 1 hora en total, contando la recepción y la devolución.
- El emisor láser que se acopla al armamento del usuario necesita ser colimado⁴ para que el rayo láser vaya al sitio donde se está apuntando por el visor del arma. Este proceso requiere unos 3 minutos por fusil, si se multiplica este tiempo por los 28 fusiles que suele haber en una sección arroja un tiempo total de 84 minutos.
- Los sensores de cada usuario requieren ser vinculados con la centralita y con el emisor láser, y después hay que comprobar que todo está hecho de forma correcta. Este proceso, en el caso de no haber ningún problema requiere una media de 12 minutos. En el caso de haber algún tipo de problema, lo que se ha detectado en un 40% de los casos, su solución requiere entre 2 y 10 minutos más.
- Al tratarse de material sensible se debe controlar con especial atención, lo cuál requiere que se controle el material de cada soldado de forma individualizada tras finalizar el ejercicio. En los mejores casos esto ha requerido 13 minutos.

⁴ En este contexto, colimar el emisor significa hacer que el láser emitido por éste, vaya paralelo a la dirección del eje del cañón.

- Los sensores y la centralita llevan una batería interna que requiere ser recargada tras 3 días de uso. El tiempo de carga es de 24 horas. No se puede dejar cargando durante más tiempo por peligro de sobrecalentamiento.
- Tras un uso prolongado en instrucción, los emisores láser es normal que se lleven golpes, lo que puede provocar que se produzca una desviación del láser respecto a los elementos de puntería. En el caso de que esta desviación sea notable se debe volver a realizar la colimación.

Tras estas lecciones aprendidas, la conclusión obtenida es que el uso del sistema de simulación de duelo solo es viable si se solicita para una semana completa como mínimo. Como se puede apreciar en el listado anterior no merece la pena usarlo en un solo día ya que se pierde demasiado tiempo. En el caso de usarlo durante más de una semana, el ciclo de uso óptimo sería el reflejado en la Tabla 4.

LUNES*	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
Recepción de material	Instrucción	Instrucción	Instrucción	Mantenimiento de fusiles
Colimar				Colimar si es necesario
Enseñar al personal cómo vincular dispositivos y solucionar fallos comunes			Entregar sensores, emisores y unidad de control para su recarga.	Recibir sensores, emisores y unidades de control tras su recarga.
*Solo en el caso de la primera semana. En las siguientes la actividad sería instrucción.				

Tabla 4 Calendario semanal para uso óptimo del sistema de simulación de duelo.

3.2 Ejercicio de simulación de combate convencional

Para analizar la eficacia del sistema de simulación de duelo a la hora de realizar la instrucción de una sección de fusiles se ha realizado un ejercicio de combate convencional en el CMT La Isleta un total de 6 veces a lo largo de 2 semanas. Este ejercicio es el que se propone como ejercicio tipo en el apartado 4.2 del presente trabajo. La sección encargada de realizar dicho ejercicio ha sido la 1ª sección de fusiles de la 1ª compañía del RI Canarias 50.

Uno de los factores que se ha tenido en cuenta para elegir esta sección para la realización del análisis, es que se trata de una unidad compuesta por soldados relativamente nuevos. En ella se encuadran 17 soldados de reciente incorporación, pertenecientes al ciclo de tropa y marinería de 2020 y que llevan escasos 4 meses en el RI 50, y 12 soldados pertenecientes al ciclo de tropa y marinería de 2019, los cuales llevan destinados en la unidad un año y medio. Al tratarse de una unidad con gente no ducha en el combate convencional, se puede apreciar con mayor facilidad una mejora en las estadísticas que se valoran en el ejercicio en el caso de que el sistema de simulación de duelo sea eficaz en la mejora de instrucción.

Las estadísticas que se valoran para analizar los resultados de la simulación son las siguientes:

- Misión cumplida: ¿se han neutralizado a todos los enemigos de la posición? Sí o no.
- Bajas propias: número de bajas propias durante la realización del ejercicio.
- Munición consumida: a menor munición consumida, más eficaz habrá sido el fuego. Se medirá en número de cartuchos.
- Tiempo: tiempo, medido en minutos y aproximando al entero superior, transcurrido desde el inicio del ejercicio (primer disparo o bien del pelotón de apoyo, o bien del enemigo), hasta el fin de éste (o bien se dan novedades de que la posición ha sido limpiada, o bien la sección atacante sufre tantas bajas que no es capaz de continuar con la misión).

En la Tabla 5 se pueden observar los datos recabados en las 6 repeticiones que se han hecho del ejercicio.

	1º repetición	2º repetición	3º repetición	4º repetición	5º repetición	6º repetición
Misión cumplida	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Bajas propias	12	14	8	6	8	3
Munición consumida	1370 cartuchos	1300 cartuchos	1630 cartuchos	1860 cartuchos	1520 cartuchos	1930 cartuchos
Tiempo	18 min	22 min	15 min	14 min	14 min	13 min

Tabla 5 Estadísticas obtenidas en ejercicios de combate convencional.

Con los datos recabados se han hecho unas gráficas para poder analizar en detalle la evolución de la unidad. La hipótesis inicial plantea que una mejoría en la instrucción de la sección debe mostrar en las gráficas una línea descendente en las estadísticas de bajas propias, munición consumida y tiempo, así como cumplir la misión en las últimas repeticiones del ejercicio.

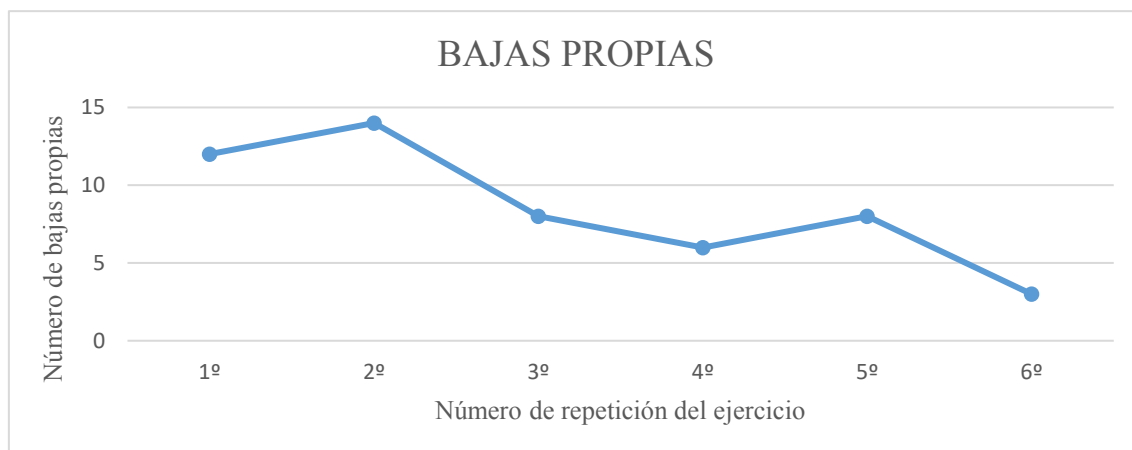


Figura 10 Evolución de la estadística 'bajas propias' a lo largo de las 6 repeticiones del ejercicio realizado.

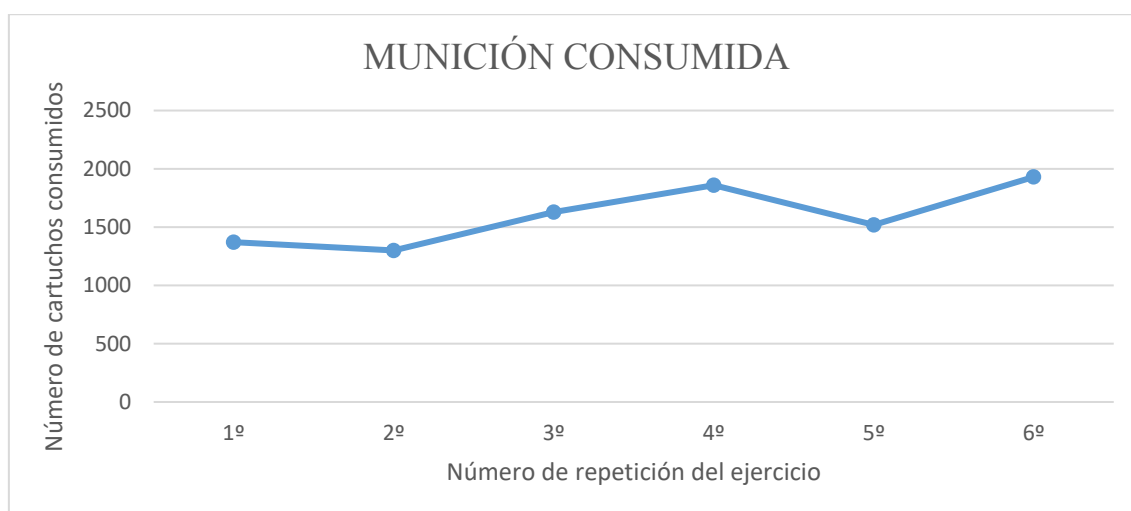


Figura 11 Evolución de la estadística 'munición consumida'

Se puede observar que, en las estadísticas de bajas propias, Figura 10, y tiempo, Figura 12, se dibuja una línea descendente lo cual significa que se ha producido una mejora de la unidad participante. Por otra parte, en la gráfica de munición consumida, Figura 11, se dibuja una línea ascendente, lo que, según la hipótesis inicial, reflejaría un empeoramiento de la unidad. Pero a primera vista, esta estadística parece estar más bien relacionada con las bajas sufridas por la unidad, de forma inversamente proporcional, ya que cuantas más bajas tenga la unidad, menos personal está abriendo fuego, lo que repercute en un gasto menor de munición. Para comprobar esta nueva hipótesis se puede observar la Figura 13 en la que aparece una gráfica de correlación de las variables munición consumida y bajas propias.

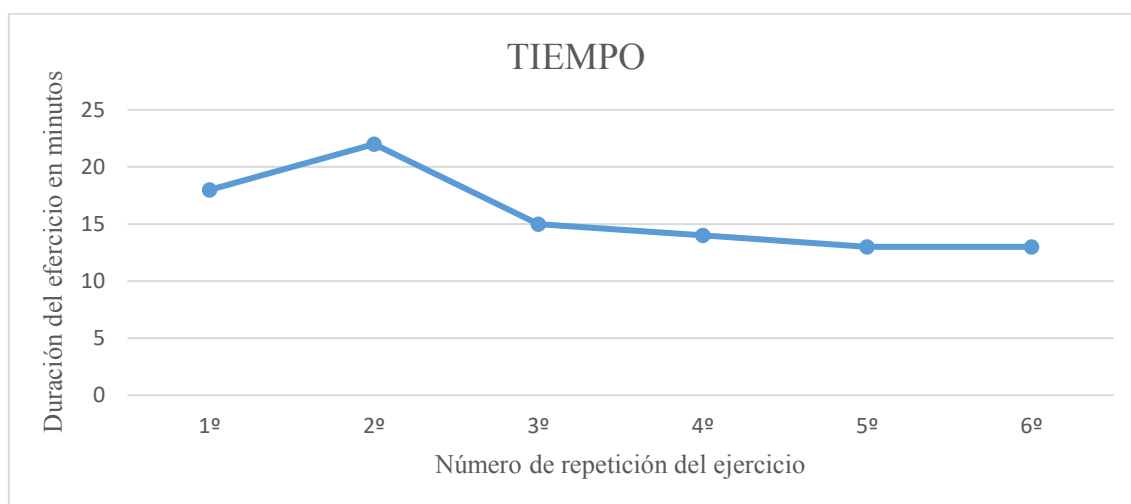


Figura 12 Evolución de la estadística 'tiempo'

Analizando la Figura 13 se ve que la evolución de las variables traza una línea casi recta y descendente. Para obtener la relación exacta entre las dos variables se ha calculado el Coeficiente de Correlación de Pearson (4), y su resultado ha sido de -0.9605. Esto quiere decir que a medida que una variable aumenta, la otra disminuye, y esto se da de una forma

casi lineal. Este resultado confirma la hipótesis planteada anteriormente, por lo cual se puede afirmar que la variable munición consumida no se relaciona con hacer mejor o peor el ejercicio, sino con la variable bajas propias.

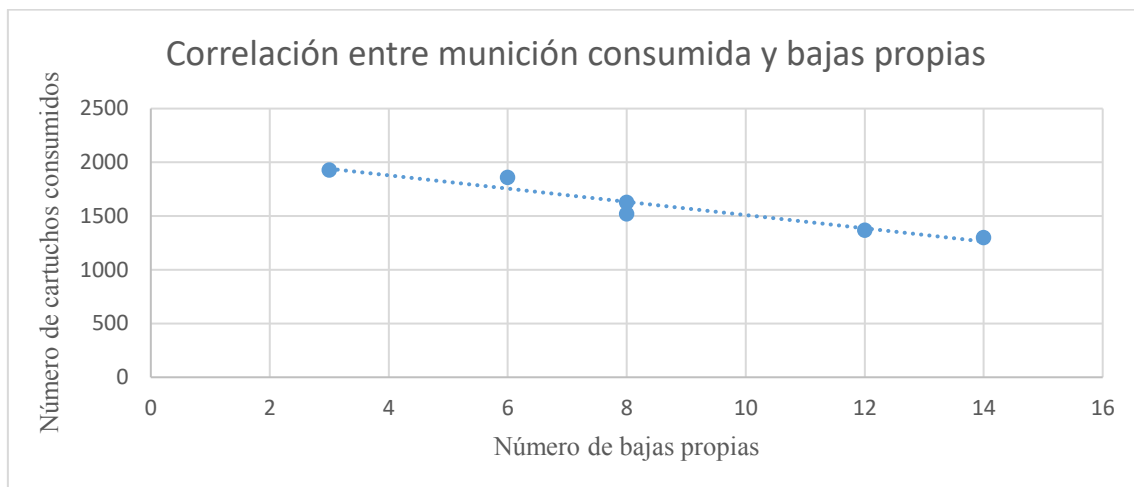


Figura 13 Diagrama de correlación de las estadísticas munición consumida y bajas propias.

3.3 Encuesta de satisfacción.

Tras comprobar la mejora que ha experimentado la sección de fusiles al realizar un ejercicio utilizando el sistema de simulación de duelo, se ha realizado una encuesta a los participantes para ver cómo se percibe el sistema desde el punto de vista del usuario, así como para encontrar posibles mejoras en su utilización.

La ficha técnica de la encuesta es la siguiente:

- **Muestra:**
Esta encuesta ha sido realizada sobre una muestra de 56 usuarios del Sistema de simulación de duelo.
- **Ámbito:**
Regimiento de Infantería Canarias 50.
- **Método de recogida de información:**
La obtención de información se ha realizado mediante un cuestionario anónimo estructurado en dos partes, 5 preguntas en las que se pide una valoración del 1 al 10, y 1 pregunta abierta. Este cuestionario se ha proporcionado en formato físico para su cumplimentación y posterior recogida.
- **Trabajo de campo:**
La encuesta se ha realizado en el tiempo comprendido entre el 5 de octubre de 2020 y el 9 de octubre de 2020.
- **Recogida de información, tratamiento y análisis:**
La recogida de información, tratamiento y análisis de los datos obtenidos se ha llevado a cabo íntegramente por el redactor de la presente memoria.

El modelo de encuesta se puede ver en el ANEXO 3.

Los resultados que arroja la encuesta se pueden observar en la Tabla 6.

PREGUNTA	\bar{X}	S	S ²
Cree que el Sistema de simulación de duelo ha sido útil para su instrucción.	4.93	0.57	0.33
Cree que se debería usar el Sistema de simulación de duelo con más asiduidad.	5.73	1.49	2.21
Cree que se debería invertir dinero en la adquisición de más equipos de Sistema de simulación de duelo.	9.73	0.46	0.21
Se siente más motivado cuando realiza ejercicios utilizando el Sistema de simulación de duelo.	6.87	1.06	1.12
Cree que el Sistema de simulación de duelo permite simular la realidad de una acción de combate.	7	0.76	0.57

Tabla 6 Análisis respuestas de encuesta del sistema de simulación

A través de la media, indicada en la tabla como \bar{X} , de la puntuación que cada uno de los participantes ha otorgado a cada una de las preguntas, se puede observar que el rendimiento del sistema de simulación de duelo, desde el punto de vista de los usuarios, ha sido en general positivo. Si se valoran en conjunto la primera pregunta que habla sobre la utilidad del sistema para la instrucción, y la tercera que habla sobre la posibilidad de invertir dinero en más equipos, se puede entender la relativamente mala nota de la primera, en contraste con la casi máxima puntuación de la tercera. Esto puede deberse a que actualmente en el RI50 solo se dispone de 34 equipos de simulación, y todos ellos son para el fusil de asalto, es decir, no se dispone de los equipos para acoplar a la ametralladora MG4 y al fusil de precisión Accuracy, lo que repercute en una sensación de falta de similitud a la realidad del combate ya que no se puede simular el apoyo que darían estas armas.

Por otra parte, en la pregunta abierta que se hace en la encuesta acerca de la opinión que se ha generado sobre el sistema tras su uso, aproximadamente el noventa por ciento de los encuestados han dicho que les parece que el sistema es poco preciso. Esta respuesta choca con el punto de vista del escritor de la memoria, ya que se han realizado una serie de pruebas disparando entre 50 y 100 metros sobre un objetivo y siendo todas ellas positivas en cuanto a la precisión del sistema. Intentado buscar el posible motivo de esta sensación de falta de precisión, en el transcurso del último ejercicio, se ha observado una limitación del sistema de simulación en la fase final del ataque sobre una posición defensiva, en la limpieza de ramales. Al situarse el emisor láser en la parte izquierda del cañón, a unos 10 cm de éste, al realizar un disparo en el interior de la posición defensiva, especialmente cuando el usuario está asomando el fusil por la parte derecha de la pared, hay una probabilidad relativamente alta de que el láser se emita contra la pared, es decir, el cañón del arma apunta al objetivo, pero el emisor láser no lo hace debido a que no llega a sobrepasar la pared.

Es importante aclarar también que el total del personal encuestado pertenece a la escala de tropa, y que la mayor parte de ellos tienen 1 o 2 años de antigüedad en el ejército. La selección de esta muestra se hizo pensando en la posible mayor utilidad del sistema de simulación para personal con poca experiencia, por lo que este hecho es posible que afecte al resultado de la encuesta, ya que no se ha tenido en cuenta la opinión de personal de tropa con más experiencia, o de militares pertenecientes a las escalas de suboficiales y oficiales que pueden valorar el sistema de simulación desde el punto de vista del mando.

3.4 Conclusiones

Tras realizar el análisis de viabilidad, se ha determinado que el uso del sistema de simulación de duelo solo es viable para un periodo igual o superior a una semana, quedando completamente descartado el uso para un solo día debido a la pérdida de tiempo que supone todo el proceso de recepción del material, su puesta a punto y la posterior devolución.

Una vez analizado el rendimiento de la unidad tras realizar las repeticiones del ejercicio de combate convencional, se puede concluir que parece ser que el sistema de simulación de duelo es una herramienta eficaz para mejorar la instrucción de una sección de fusiles. Este resultado se obtiene del estudio de la evolución de las estadísticas fijadas en la realización de las sucesivas repeticiones del ejercicio de combate convencional. Por otra parte hay que señalar que el estudio únicamente se ha realizado sobre una unidad cuyos miembros, como se ha indicado anteriormente, no son personas experimentadas en la instrucción de combate convencional, por lo que no se puede aplicar esta conclusión a una unidad que realmente esté experimentada en este ambiente de combate. También se debe señalar que para el estudio no se ha usado un grupo de control, que únicamente realizase las repeticiones 1 y 6 del ejercicio, para realizar una comparación con el grupo que sí que ha realizado todos los ejercicios y valorar con más exactitud si el uso repetido del sistema de simulación de duelo influye en la mejora de la instrucción. Estas limitaciones se han debido a la falta de tiempo debido a la duración de las prácticas externas, y a la falta de material en la unidad, ya que solo se puede disponer de 34 estaciones del sistema de simulación de duelo.

En lo que refiere a la encuesta de satisfacción, con los datos plasmados en la Tabla 6 se puede observar que la valoración de los usuarios acerca del sistema de simulación es en general positiva, siendo la respuesta más negativa la que responde si el sistema se considera útil para la instrucción, y la más positiva la que responde a la posibilidad de invertir más dinero en la adquisición de más estaciones.

Una vez analizados todos los aspectos que atañen al uso del sistema de simulación de duelo, se ha concluido que su utilización es factible y útil, por lo que el estudio se encuentra en el estadio (i) indicado en los objetivos, lo que da paso al siguiente hito que es el diseño de los ejercicios tipo, y posteriormente la elaboración de las guías para realizar cada uno de ellos.

4 Ejercicios tipo

4.1 Creación de los ejercicios

Para la creación de los ejercicios tipo, se ha realizado una tormenta de ideas en la que inicialmente solo iban a participar los jefes de sección y compañía, pero finalmente se ha considerado factible la participación de los jefes de pelotón. Esta reunión tuvo lugar el viernes 9 de octubre de 2020, en la sala táctica de la 1ª compañía. Entre los participantes había representación de las 3 escalas, tropa, suboficiales y oficiales. También había heterogeneidad en el tiempo de servicio, ya que entre los componentes de tropa se encontraba gente con entre 7 y 15 años de antigüedad, entre el personal de suboficiales entre 3 y 7, y entre los oficiales, entre 1 mes y 4 años.

Para crear los ejercicios se fueron aportando ideas para cada tipo de ambiente, siguiendo el siguiente orden: combate convencional, combate en población, control de zona y combate en subsuelo. Se recogieron las ideas alcanzadas por consenso antes de pasar al siguiente ambiente. Las ideas en general fueron similares debido al pequeño tamaño del CMT La Isleta, y las pocas posibilidades de realizar los ejercicios en distintas instalaciones. Una vez finalizada la reunión, se habían establecido las ubicaciones para los distintos ejercicios, así como el procedimiento a seguir para su realización.

Para finalizar el proyecto se ha hecho una guía para poder realizar cada ejercicio recabado de la tormenta de ideas de forma óptima, evitando pérdidas innecesarias de tiempo y determinando el material necesario para la realización de cada uno de ellos. Como se ha dicho anteriormente se pretende que, con un simple vistazo a esta memoria, el jefe de una sección de fusiles sea capaz de realizar la actividad de instrucción y adiestramiento que él determine, utilizando el sistema de simulación de duelo, sin tener que improvisar sobre la marcha. Los ejercicios que se proponen a continuación son todos en el CMT La Isleta, lugar en el que las unidades del RI50 realizan su instrucción diaria, pero estos ejercicios se pueden extrapolar a otros campos de maniobras que dispongan de unas instalaciones similares a las que se usan en Gran Canaria.

4.2 Ejercicio de combate convencional

Para la realización de este ejercicio es necesario disponer de una posición defensiva excavada. No es necesario más material para la recreación del ambiente de esta simulación, pero sí es altamente recomendable solicitar determinados medios de simulación, y fabricar otros con antelación para aumentar el grado de similitud a la realidad. Estos medios son los siguientes:

- Granadas de simulación ‘Zoxnar’. Se solicitan a la sección de simulación por conducto reglamentario. Funcionan con un cartucho de fogeo de 9 mm y permiten simular el lanzamiento de granadas tanto por la parte aliada como por parte del enemigo.
- Granadas de humo. Es posible que la compañía disponga de ellas en su inventario. En caso negativo se deben solicitar también por conducto reglamentario.
- Pértiga⁵ simulada. Se puede fabricar a partir de botes de granadas, o uniendo cualquier tipo de bote cilíndrico (por ejemplo, botes de ‘Pringles’).
- Deco⁶ simulado. El cebo se puede hacer con un cartucho de 5.56 de fogeo. Se atraviesa con un alambre de manera que éste esté en contacto con la pólvora. Para alimentar el cebo desde la fuente de tensión sería conveniente comprar unos 100 metros de cable, para tener un cable bifilar de 50 metros. La fuente de tensión puede ser una pila de PR4G⁷.

Una vez se dispone de todo lo necesario, solo resta preparar el enemigo. Lo óptimo es usar una escuadra (4 a 6 personas) del pelotón de apoyo para respetar la norma de atacar una posición defensiva en superioridad numérica de 3 a 1 (5). Se deducen del pelotón de

⁵ Explosivo conformado en forma de pértiga que se usa para abrir un camino en un obstáculo. Este obstáculo suele tratarse de un tapón de minas o de una alambrada.

⁶ Conjunto de elementos utilizados para explosionar una carga. Se compone de cebo iniciador de la carga, cable o mecha, y encendedor o fuente de tensión.

⁷ Radio VHF utilizada por el Ejército Español.

apoyo porque no cumplen una tarea tan determinante para la misión como el pelotón de apertura y el de limpieza.

La posición defensiva que aparece en la Figura 14 se encuentra en las coordenadas x:458060 y:3115455, el pelotón de apoyo en las coordenadas x:458150 y:3115900, y los pelotones de apertura y limpieza se encuentran aproximadamente en las coordenadas x:458500 y:3115460, a cubierto de las vistas del enemigo.



Figura 14 Ejercicio de combate convencional.

4.3 Ejercicio de combate en población

Para este ejercicio es necesario disponer de unas instalaciones que simulen un poblado, lo que no debería ser problema ya que desde que se inició la participación española en la misión internacional en Afganistán se ha construido este tipo de instalaciones en la mayor parte de los campos de maniobras.

El material recomendado para la realización del ejercicio es el siguiente:

- 1 vehículo ligero. Se utilizará por el enemigo para simular personal civil moviéndose por el poblado.
- 2 *Hooligan tool*⁸, una para cada pelotón de limpieza.
- IED's⁹ simulados. Permite simular trampas en el interior de las edificaciones. Se pueden fabricar de forma sencilla con seda de pesca y cascabeles. También se puede fabricar un tipo algo más elaborado, usando pilas y una chicharra, colocando un material aislante entre la pila y el borne para que no haga contacto, y atándole la seda de pesca para que, al ser removido por alguien, se cierre el circuito y active la chicharra, lo que simularía la explosión de la trampa.

⁸ Herramienta militar que se utiliza para romper ventanas, limpiar el marco de cristales y como apoyo para entrar a través de ellas.

⁹ Traducido al español, artefacto explosivo improvisado. Tipo de artefacto explosivo utilizado generalmente por la insurgencia que se caracteriza por ser de fácil construcción y que se compone por materiales baratos y rudimentarios.

- Ropa civil de simulación. Hace que la gente se meta más en el ejercicio y permite simular el personal que se encontraría en el ambiente real.

Para la recreación del enemigo, sería conveniente deducir 1 miembro de cada pelotón, y 1 más de la plana para tener un total de 3 enemigos y 1 rehén. El rehén puede ser interesante no introducirlo en ciertas situaciones, especialmente si se está trabajando con una unidad poco entrenada en el combate en población. También puede ser interesante introducir más enemigos a medida que vaya aumentando el nivel de instrucción de la unidad, siempre teniendo en cuenta que la superioridad numérica recomendada para atacar a un enemigo en zona edificada es de 9 a 1 (6).



Figura 15 Ejercicio de combate en población.

La Figura 15 corresponde a la zona del llamado ‘poblado afgano’ en las coordenadas x:458660 y:3116270. Los pelotones 1 y 2 que ejecutan la acción de limpieza sobre la población, cada uno en su zona de acción, inician el tema en el cruce de coordenadas x:458930 y:3116240. El pelotón 3 se sitúa al oeste del poblado para cercar al enemigo, impedir que huya del avance de los otros dos pelotones, y apoyar el avance de éstos.

4.4 Ejercicio de control de zona

Para llevar a cabo este ejercicio es necesario disponer de unas instalaciones que simulen una posición avanzada, bien sea con un perímetro de gescos¹⁰ o con muros contruidos. En el caso del CMT La Isleta, se puede disponer de la prisión que se encuentra en las coordenadas x:459750 y:3116060 y se puede observar en la Figura 16, y es lo que más se puede asemejar a lo que se busca ya que dispone de torres de vigilancia y de una única entrada. El material necesario es el siguiente:

- 2 Vehículos tipo Lince o VAMTAC. Serán los que utilice el pelotón de alerta para reaccionar.

¹⁰ Recipientes de forma cúbica de tamaño de un metro cúbico que se rellenan de tierra y se usan como muros o como obstáculos.

- Al menos 8 medios de transmisiones. Pueden ser o *walkies* o radios VHF. 4 para las torres de vigilancia, 1 para la entrada, 1 para el jefe de la unidad de seguridad y 2 para los vehículos de la unidad de alerta.

Para la realización del ejercicio se articulará un pelotón como seguridad de la posición, ocupando las cuatro torres de las esquinas y la entrada y estableciendo el TOC. Otro pelotón se articula como alerta, elemento que se usa en la reacción ante un ataque. El último pelotón será el que haga de enemigo, y su intención puede variar desde un hostigamiento simple, hasta un ataque en fuerza sobre la posición.



Figura 16 Foto aérea de la prisión

4.5 Ejercicio de combate en subsuelo

No ha sido posible crear un ejercicio en este tipo de ambiente de combate debido a que se ha encontrado un problema que no ha sido posible subsanar en el tiempo disponible durante las prácticas de mando en la unidad.

El problema surge del hecho de que al usar el sistema de simulación de duelo en las instalaciones creadas para el combate en subsuelo en el CMT La Isleta, el láser emitido por el sistema se refleja en las paredes de hormigón, y al coincidir varias personas una detrás de otra en un espacio tan reducido, el rayo reflejado interactúa con los receptores de todos los participantes neutralizándolos, lo que hace imposible la realización de ejercicios con este sistema en las condiciones actuales.

En respuesta a este problema se pueden estudiar dos alternativas: extrapolar la instrucción en combate en población y limpieza de ramales del combate convencional al combate en subsuelo debido a su gran parecido, o elaborar un proyecto para el recubrimiento de las paredes de las instalaciones de combate en subsuelo con material con un factor de reflexión más reducido que el del hormigón actual.

5 Conclusiones

La conclusión principal que se puede obtener de este trabajo es que el sistema de simulación de duelo parece eficaz a la hora de mejorar la instrucción de una sección de fusiles, lo que se deduce del análisis realizado sobre las estadísticas obtenidas de cada repetición del ejercicio de combate convencional. Para apoyar esta conclusión también se puede recurrir al análisis de las encuestas realizadas a los participantes en los diferentes ejercicios realizados con el sistema, en el que se puede ver que la gente se siente más motivada al usarlo, que consideran que se adapta en cierta medida a lo sería una acción real, y que verían bien que se destinase parte del presupuesto para la adquisición de más equipos.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos, cabe señalar que se han alcanzado todos ellos salvo la elaboración de una guía para realizar un ejercicio en el ambiente de combate en subsuelo debido a que, con las condiciones actuales de las instalaciones, no se puede realizar instrucción con el sistema de simulación de duelo ya que el láser emitido por éste rebota en las paredes y causa unos efectos que distan mucho de los que se ocasionarían en la realidad. A raíz de este problema se abre una posible línea de trabajo en el futuro, en la cuál se podría estudiar acondicionar las instalaciones para poder realizar dicha instrucción en este ambiente. A corto plazo se podría realizar un experimento con distintos materiales, analizando su reflectividad, la posibilidad de ser utilizado para el acondicionamiento, y haciendo un análisis de costes, con el objetivo de encontrar el idóneo para la función que se desea. A largo plazo, tras encontrar dicho material, habría que iniciar un proyecto para realizar los trabajos necesarios para el acondicionamiento y que finalmente se puede realizar la instrucción de forma óptima en las instalaciones.

Tras realizar el trabajo se pueden analizar una serie de conclusiones relevantes a las que se ha llegado en cada uno de los apartados. La primera de ellas surge tras realizar la comparación de las ventajas e inconvenientes que ofrecen los distintos sistemas o medios de simulación de combate, a recordar, sistema de simulación de duelo, *airsoft* y munición FX. Tras esta comparación se llegó a la conclusión de que el medio más eficaz para instruir una sección de fusiles es el sistema de simulación de duelo, principalmente por su capacidad de simular el alcance real de las armas a las que se acopla, lo que le da un plus de importancia al presente trabajo.

Una vez se ha recibido el material, y se ha empezado a trabajar y a familiarizarse con él, se han obtenido una serie de aprendizajes que llevan a decidir que el uso de este sistema no merece la pena para periodos inferiores a una semana debido a la pérdida de tiempo que conlleva la instalación de los periféricos y su puesta a punto. También se ha decidido elaborar una guía para la puesta a punto y uso del material, algo que no estaba previsto en los objetivos a cumplir, y que puede ser de mucha ayuda para un jefe de sección que decida utilizar el sistema por primera vez.

Otro hallazgo importante que merece la pena señalar, es que, tras la realización de distintos ejercicios en los diferentes ambientes, se ha observado que este sistema más allá de favorecer la instrucción de los soldados, favorecen en mayor medida la instrucción de los jefes de pelotón. Cuando se hace la instrucción diaria no se suelen introducir imprevistos en la realización de ejercicios, como puede ser tener un herido en medio de la operación, o una baja. Con el uso de este sistema, los jefes de pelotón han visto que tenían que reconducir la maniobra debido a que su unidad iba sufriendo bajas, lo cuál ayuda a mejorar su capacidad de decisión, su capacidad de mando, y la reacción ante imprevistos.

Finalmente, decir que a partir de este trabajo, se considera que se le puede sacar mucho más partido a esta herramienta que se suele encontrar en todas las unidades, y que normalmente no se usa en la instrucción diaria principalmente debido a las dificultades asociadas al hecho de relevar el material, ponerlo a punto y controlarlo. Con las guías que se han elaborado se facilita enormemente su utilización, por lo que en adelante se espera que se utilice con más asiduidad ya que se ha demostrado que permite mejorar la instrucción tanto de soldados como de mandos, y hay que tener en cuenta que, como reza el lema que todo militar debería tener permanentemente en la cabeza, ‘instrucción difícil, combate fácil’.

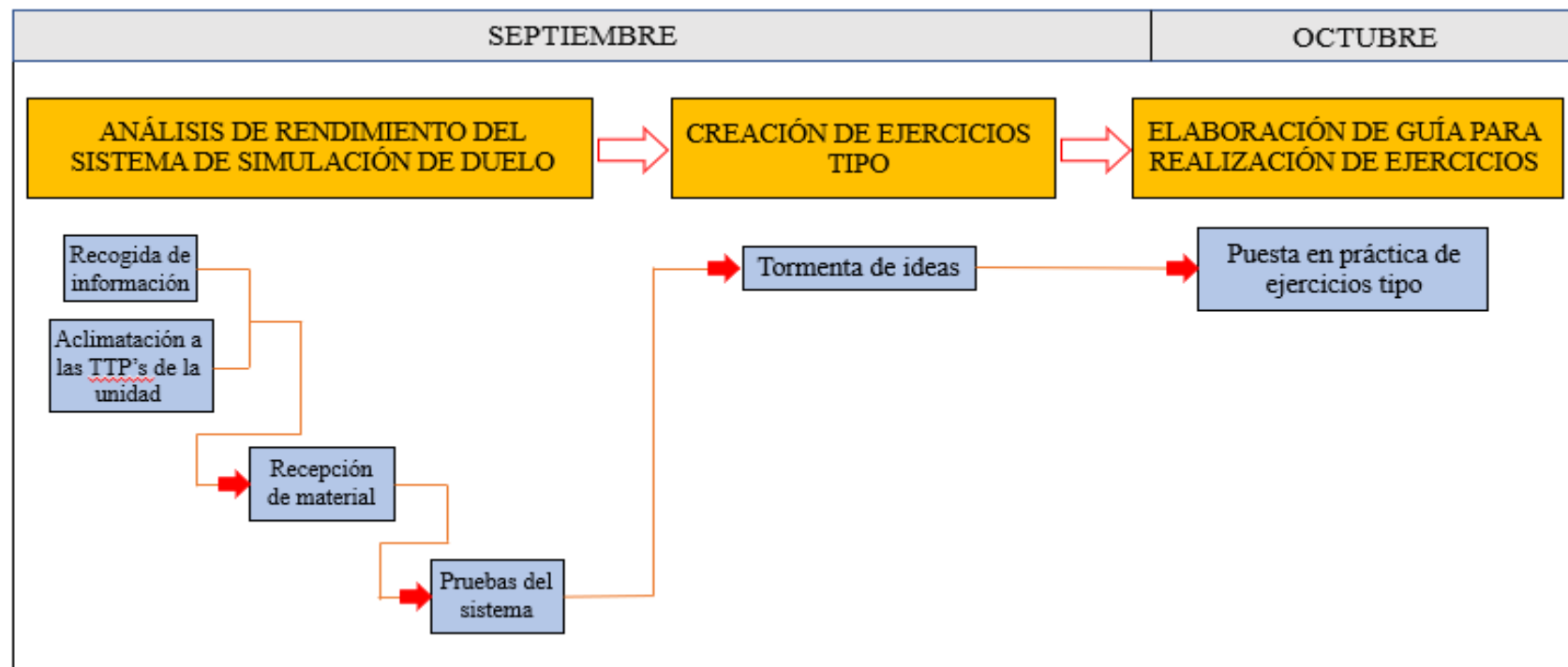
6 Bibliografía

- [1] Tecnobit. *Simulador de duelo para combatiente individual*. Madrid: 2015
- [2] Tecnobit. *Simulador de duelo para combatiente individual: Manual de operación y mantenimiento de 1º EMAN*. Madrid: 2015
- [3] INDRA. Simulador de fusil de asalto. En *INDRA.es* [consulta 6 de octubre 2020] Disponible en https://www.indracompany.com/sites/default/files/indra-simulador_de_tiro_militar-victrix.pdf
- [4] Acero R y otros, *Ingeniería de la Calidad*. 3ª ed. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa, 2017. ISBN 978-84-940583.
- [5] Publicación Doctrinal. *Orientaciones. La sección de infantería ligera (OR4-121)*. Granada: MADOC, 2002.
- [6] Publicación doctrinal. *Táctica. Empleo de pequeñas unidades en ambiente urbano (PD4-021)*. Granada: MADOC, 2018.

7 ANEXOS

ANEXO 1

Diagrama de Gantt



ANEXO 2

GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN DE DUELO

- Solicitar el material a simulación con una semana de antelación para que tengan todo el sistema preparado.
- De lunes, aprovechando que se hace mantenimiento, recepcionar el material. Subir a la zona de simulación todos los fusiles en los que se va a instalar el sistema de simulación de duelo para instalarles los emisores. Hay que tener en cuenta que su instalación y colimación puede llevar entre 1 y 2 horas.
- El material a recepcionar es el siguiente:
 - 1 unidad de control
 - 1 emisor láser
 - 4 sensores receptores
 - 1 adaptador de sensor frontal (está marcado con tipex)
 - 1 adaptador de sensor trasero
 - 1 adaptador de sensores para el casco
 - 1 funda para la unidad de control

Este material es el necesario para 1 PAX. El batallón cuenta con el material para equipar a 34 PAX. Además de este material por cada usuario, hay que recepcionar:

- 1 pistola de árbitro
- 4 cables de disparo
- El proceso a seguir para la puesta a punto del sistema es el siguiente:
 - Tras recoger el armamento y el equipo, dotar a cada usuario de todos los periféricos citados anteriormente. Situar a todo el mundo alrededor para que sigan el proceso a la par que se va explicando, dejando 2 metros de distancia entre ellos para que no interfieran los sensores entre si.
 - Introducir los sensores en los adaptadores, poniendo atención a que los pines de conexión de sensor y adaptador coincidan. No cerrarlos del todo, de tal manera que los pines del adaptador queden visibles.
 - Con la unidad de control, acceder al menú pulsando la tecla del *check*, navegar por el menú utilizando las teclas de arriba y abajo hasta llegar al submenú de XX, acceder a éste pulsando la tecla del *check*. Aparecen unas instrucciones en la pantalla que indicarán que para iniciar la vinculación del dispositivo debe pulsar la tecla del *check*, pulsarla. La unidad de control dirá lo que hay que hacer por voz. Hay que pasar la unidad de control por delante de cada uno de los 4 sensores (por la parte de los pines), teniendo en cuenta que, para pasar al siguiente sensor, se debe encender una luz naranja en el que se está trabajando. Una vez se haya hecho este proceso con los 4 sensores, meter por completo los sensores en los adaptadores rápidamente (hasta que no sean visibles los pines) y esperar a que la unidad de control diga que el proceso se ha completado con éxito. En caso de que pasen 2 minutos y no lo diga, mantener pulsado el botón X para cancelar el proceso, dejar los sensores en la posición anterior (pines visibles) y volver a iniciar el proceso.
 - El siguiente paso será vincular el arma a los sensores. Para ello, introducir una pila en el emisor. Si el sensor funciona correctamente se deben encender un led verde en éste, y parpadear 3 veces. Si no ocurre esto, se puede deber o bien a que la pila está gastada (probar cambiando la pila), o bien porque el emisor está dañado (comunicar a simulación). En caso de que funcione correctamente, montar el arma varias veces situando el emisor al lado del sensor derecho del casco. Una vez hecho esto el arma debería estar vinculada al resto del equipo del usuario.

- Para comprobar si la vinculación ha sido exitosa, conectar el cable disparador al emisor láser y, apuntando a una persona que tenga los sensores conectados correctamente, apretar el pulsador del cable. En caso de que todo esté correcto, al pulsar se enciende un led rojo en el emisor, y la unidad de control del usuario sobre el que se ha efectuado el disparo empezará a pitar, lo que significa que esa persona ha sido neutralizada. A parte de por el pitido, esto también se puede comprobar mirando la unidad de control, que le pondrá el mensaje ‘andar no, disparar no’. Si no es así, repetir el paso anterior y este. Para revivir a los usuarios que vayan siendo neutralizados en la comprobación de las armas se usa la pistola de árbitro como se explicará posteriormente.
- Una vez todos los equipos están vinculados, colocar los adaptadores. El adaptador frontal debe ir a la altura de la apófisis xifoides (parte baja del esternón), y el adaptador trasero debe ir en la espalda, a la misma altura que el frontal. La unidad de control resulta conveniente ponerla por delante para poder consultar el estado del usuario en caso de duda.
- Como usar la pistola de árbitro:
 - Revivir: tecla *KILL*, con las teclas de izquierda y derecha moverse por el menú hasta situarse sobre el submenú ‘revivir’. Una vez hecho esto, apuntar con la pistola al usuario neutralizado y apretar el disparador.
 - Neutralizar: tecla *KILL*, con las teclas de izquierda y derecha moverse por el menú hasta situarse sobre el submenú ‘impacto’. Una vez hecho esto, apuntar con la pistola al usuario que se quiera neutralizar y apretar el disparador.
 - Desconexión elementos del simulador: Esta acción se usará antes de entregar los periféricos para su almacenamiento. El resultado es que todos los sensores y el emisor láser se desvincularán. Es un paso necesario para poder apagar todos los sensores y que no consuman batería durante su almacenamiento. Para llegar a esta función, botón ‘?’ (menú), navegar por la interfaz hasta llegar al submenú ‘programar’ y pulsar la tecla ‘enter’, navegar por la interfaz hasta llegar al submenú ‘descon. elem. simul.’ y pulsar la tecla ‘enter’, pulsar la tecla ‘+’ para que en la pantalla aparezca el mensaje ‘Descon. elem. simul. : Sí’, apuntar al usuario que se desee desconectar y presionar el disparador.
 - Modo transporte del simulador: Esta acción se usará tras desvincular todos los sensores y emisores para dejarlos en modo hibernación. Esto se hace para que no se gasten las baterías de los sensores durante su almacenamiento. Para llegar a esta función, botón ‘?’ (menú), navegar por la interfaz hasta llegar al submenú ‘programar’ y pulsar la tecla ‘enter’, navegar por la interfaz hasta llegar al submenú ‘Modo transp. Simul.’ y pulsar la tecla ‘enter’, pulsar la tecla ‘+’ para que en la pantalla aparezca el mensaje ‘Modo transp. Simul.: Sí’, apuntar al sensor o unidad de control que se desee poner en hibernación y presionar el disparador.
- Procedimiento a seguir para almacenar el material:
 - Cada usuario coloca todo el material en revista para que el jefe de pelotón lo controle todo. Sacar la pila del emisor láser.
 - Pasar con la pistola de árbitro por cada usuario y desconectar su sistema como se ha explicado anteriormente.
 - La gente forma una fila para entregar todo el material, guardar por separado cada tipo de material para poder agilizar la entrega el próximo día que se haga instrucción.
 - A medida que vaya pasando el personal uno a uno, usar la pistola de árbitro para poner en modo transporte todos sus elementos, los 4 sensores y la unidad de control.

ANEXO 3

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN DE DUELO

La siguiente encuesta es totalmente anónima. Por favor, conteste a las preguntas con sinceridad.

1. Siendo el 1 la respuesta más negativa, y el 10 la más positiva, redondee la opción elegida en las siguientes preguntas.

1.1 Cree que el Sistema de simulación de duelo ha sido útil para su instrucción.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1.2 Cree que se debería usar el Sistema de Simulación de Duelo con más asiduidad.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1.3 Cree que se debería invertir dinero en la adquisición de más equipos del Sistema de Simulación de Duelo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1.4 Se siente más motivado cuando realiza ejercicios utilizando el Sistema de Simulación de Duelo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1.5 Cree que el Sistema de Simulación de Duelo permite simular la realidad de una acción de combate.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Comente su opinión sobre el Sistema de Simulación de Duelo basándose en la experiencia que ha tenido con él durante las últimas semanas. Si tiene alguna sugerencia sobre posibles formas de mejorar su uso, por favor escríbalo.