



Facultad del Ejército
Escuela Superior de Guerra
“Tte Grl Luis María Campos”



TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Título: “Integración de herramientas de ayuda de instrucción virtuales en la formación y el adiestramiento de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración en el marco de las operaciones de configuración”.

Que para acceder al título de Especialista en Conducción Superior de OOMMTT, presenta el Mayor Felipe TRIANTAFILO.

Director de TFI: CY Carlos SANMILLAN.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, de mayo de 2024

Resumen

Esta investigación se centra en la integración de las herramientas de realidad virtual en la formación y el adiestramiento operacional de las tropas de operaciones especiales y de los paracaidistas militares de alta infiltración en el marco de las operaciones de configuración, con el objetivo general de identificar como el empleo de estas tecnologías, puede potenciar su adiestramiento Operacional.

Las tropas de operaciones especiales desempeñan un papel fundamental en las operaciones de configuración dentro del marco de las operaciones militares. Sin embargo, la formación de estos elementos es extremadamente costosa en términos de recursos financieros y de tiempo debido a la singularidad y complejidad de sus tareas.

En tiempos de severas limitaciones presupuestarias, se requieren soluciones innovadoras que aseguren la eficiencia de los recursos que mejoren los procesos educativos. La integración de estos sistemas debe garantizar que la simulación sea lo más realista e inmersiva posible para que los resultados de la formación sean transferibles al campo real.

Este proyecto busca proponer soluciones innovadoras para abordar desafíos actuales en la formación militar y mejorar la capacitación de las tropas de operaciones especiales y de los paracaidistas de alta infiltración.

Palabras Clave

Operaciones de Configuración – Componente Terrestre del Teatro de Operaciones - Educación Operacional – Tropas de Operaciones Especiales – Alta Infiltración – Simulación

Índice de Contenidos

Introducción	1
Formulación del Problema	1
Antecedentes y Justificación	1
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Capítulo 1- Operaciones de Configuración Como Parte del Componente Terrestre del Teatro de Operaciones	8
Tipificación de las Operaciones	8
Operaciones de Configuración	10
Operaciones de Configuración en Doctrinas Extranjeras	13
Tropas de Operaciones Especiales en Operaciones de Configuración	14
Conclusiones Parciales	19
Capítulo 2- Simuladores de Realidad Virtual en la Formación y Adiestramiento Operacional de las Tropas de Operaciones Especiales y Paracaidistas de Alta Infiltración	20
Evolución de las Simulaciones	21
Realidad Aumentada y Realidad Virtual	22
La Realidad Virtual y su Aplicación Militar	25
Simuladores Específicos Para las Tropas de Operaciones Especiales	28
Simuladores de Paracaidismo de Alta Infiltración	30
Simulador de Paracaidismo de Alta Infiltración PARASIM P3000	31
Simulador de Paracaidismo de Alta Infiltración E.SIGMA SOKOL 3.0	36

Ventajas del Empleo de Simuladores Virtuales en el Adiestramiento de las Tropas de Operaciones Especiales	41
Desventajas del Empleo de Simuladores Virtuales en el Adiestramiento de las Tropas de Operaciones Especiales	42
Conclusiones Parciales	43
Capítulo 3- Integración de las Herramientas de Simulación Virtual en la Formación y Adiestramiento de las Tropas de Operaciones Especiales y Paracaidistas de Alta Infiltración	44
Formación de Comandos del Ejército Argentino	45
Formación de Fuerzas Especiales del Ejército Argentino	48
Formación de Paracaidistas de Alta Infiltración	50
Integración de Herramientas de Simulación Virtual en la Formación de Comandos y Fuerzas Especiales	52
Integración de Herramientas de Simulación Virtual en la Formación de Paracaidistas de Alta Infiltración	54
Conclusiones Parciales	56
Conclusiones	58
Conclusiones Finales	58
Aporte Profesional del Autor	59
Referencias	61
Índice de Figuras	
Figura 1 - Organización de la Fuerza de Despliegue Rápido	64
Figura 2 - Marco de las Operaciones	64
Figura 3 - Simulador FRASCA para entrenamiento de vuelo	65
Figura 4 - Sistema de entrenamiento para el soldado desmontado.....	65

Figura 5 - Sistema de entrenamiento para el soldado desmontado.....	66
Figura 6 - Modelo PARASIM P3000 para entrenamiento en caída libre.....	66

Introducción

Formulación del Problema

¿De qué manera afectará la integración de herramientas de ayuda de instrucción virtuales en la formación y el adiestramiento de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración en el marco de las operaciones de configuración?

Antecedentes y Justificación

“La Fuerza de Despliegue Rápido (FDR) es un agrupamiento de elementos de distintas armas, tropas de operaciones especiales, tropas técnicas y servicios bajo un comando único, para proyectar fuerzas con relativa autonomía y poco tiempo disponible, a fin de cumplir una variada gama de misiones de trascendencia estratégica” que tendrá como característica principal un alto grado de flexibilidad orgánica que le permita configurar una fuerza a medida del problema militar a resolver. (Ejército Argentino, 2017, p.12).

La FDR del Ejército Argentino se encuentra compuesta por el comando FDR, la IV ta Brigada Aerotransportada, la X ma Br Mecanizada y la Agrupación de Fuerzas de Operaciones Especiales (AFOE), (Figura 1). “La FDR, ejecutará operaciones profundas de variada naturaleza y magnitud, simultáneas o sucesivamente, en situaciones de crisis o guerra, a partir del día D al D+7, en el país o en el exterior y en todo tipo de ambiente geográfico u operacional, para incidir sobre puntos estratégicos vitales o tácticos decisivos, a fin de contribuir a resolver el problema militar operacional” (Ejército Argentino, 2020).

El componente terrestre del teatro de operaciones combinará los elementos del diseño operacional junto con los factores y elementos de la táctica para realizar operaciones decisivas, de configuración y de sostenimiento / protección buscando el dislocamiento táctico del enemigo sincronizando los distintos efectos de cada operación. (Ejército Argentino, 2015), la FDR normalmente empleará sus fuerzas de operaciones especiales y sus fuerzas aerotransportadas para la ejecución de operaciones de configuración en la profundidad o en la retaguardia

enemiga, donde podrán proyectar su poder de combate mediante la infiltración aérea por lanzamientos en paracaídas de apertura automática o de alta infiltración, la cual requerirá un adiestramiento particular para estas fracciones.

Dentro de las principales ventajas que otorgan las técnicas de alta infiltración (Ejército Argentino, 2018), son las de poder ejecutar infiltraciones aéreas de manera rápida y encubiertas, dentro y/o detrás o en la profundidad del dispositivo enemigo. Asimismo, permite infiltrar fracciones con un alto grado de precisión en áreas donde no es posible el empleo de paracaídas del tipo automático, debido a las prestaciones de los sistemas de paracaídas de alta infiltración.

En la actualidad la Capacitación Especial de Alta Infiltración está destinada al personal específico que emplea sistemas de paracaídas a tal efecto, para el cumplimiento de alguna de sus misiones, siendo estos elementos las Secciones de Fuerzas Especiales, las Secciones de Exploración de Largo Alcance de las compañías de comandos pertenecientes a la Agrupación de Fuerzas de Operaciones Especiales, la Sección Guías Paracaidistas perteneciente al Comando de la Cuarta Brigada Aerotransportada y a la Sección de Inteligencia del Batallón de Inteligencia 141 en apoyo a la Cuarta Brigada Aerotransportada (Ejército Argentino, 2018).

La formación de un paracaidista de alta infiltración en la actualidad se logra mediante la educación operacional realizada en el curso de alta infiltración dictado por la Escuela de Tropas Aerotransportadas y de Operaciones Especiales dependiente de la Dirección de Educación Operacional que proporciona los conocimientos y destrezas necesarios para efectuar lanzamientos de alta infiltración como integrante de una fracción de combate.

El desarrollo de las competencias necesarias para ejecutar lanzamientos de alta infiltración de manera precisa, y segura requiere de un elevado adiestramiento que se materializa en un alto costo monetario y de tiempo, siendo necesario emplear herramientas de ayuda de instrucción en la formación y en el adiestramiento de las fracciones.

El empleo de simuladores con la evolución de la tecnología se ha convertido en una herramienta efectiva para el entrenamiento y adiestramiento, desarrolladora de habilidades y de procedimientos, definiendo al sistema de simulación como “Todo aquel sistema que encierra un cierto artificio con un grado de sofisticación técnica, con el objeto de capacitar individuos, fracciones u organizaciones” (Guglielmone, 2016, p. 100). Los simuladores ofrecen una amplia gama de beneficios para la educación operacional, desde la posibilidad de desarrollar un entrenamiento más realista, reducir costos y otorgar un mayor nivel de seguridad. Además, permite una retroalimentación inmediata de gran importancia en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La realidad virtual presenta una gran utilidad militar, así lo expresa Ajey Lele (2011) afirmando que el entrenamiento es una de las áreas en las que estas tecnologías están encontrando una aplicación más amplia en el ámbito militar, donde se están utilizando para mejorar la capacitación dentro de las fuerzas armadas porque permiten a los soldados entrenar en entornos virtuales que recrean escenarios de combate realistas y proporcionan una retroalimentación inmediata, ayudando a mejorar las habilidades tácticas, técnicas y las capacidades de toma de decisiones bajo presión.

La simulación de realidad virtual es esencial para las fuerzas armadas porque no se puede aplicar *aprendizaje durante el trabajo* en lo que se refiere a la guerra. Además, Ajey Lele (2011) sugiere que la introducción de la realidad virtual como método de entrenamiento requiere cambios estructurales y doctrinarios, concluyendo:

- Que se ha observado un incremento en el uso de las tecnologías de realidad virtual por parte de las fuerzas armadas modernas, basado en importantes avances en las tecnologías. Sin embargo, es bien sabido que el entrenamiento virtual nunca podrá reemplazar el entrenamiento en condiciones reales, pero sí podrán desempeñar un papel

importante en varios aspectos del entrenamiento debido a las ventajas tecnológicas y financieras que ofrece.

- Los desafíos militares del siglo XXI son tanto convencionales como asimétricos en naturaleza, lo que exige una evolución de tecnologías innovadoras para enfrentarlos y la realidad virtual podría ofrecer algunas respuestas.
- La realidad virtual ofrece soluciones sin causar pérdidas o daños a soldados o equipos.
- Las tecnologías actuales están disponibles a precios razonables en función de sus beneficios.
- La realidad virtual permite al decisor tomar decisiones correctas de manera rápida y oportuna.

Todas estas ventajas demuestran el potencial de la realidad virtual para cambiar la naturaleza de la guerra en un futuro próximo.

Las Fuerzas Armadas Argentinas, como lo detalla Guglielmone (2016), se entrenan con sistemas de simulación desde hace ya muchos años, inicialmente con productos extranjeros. En la década de 1990, el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA), estableció un departamento de simulación para estudiar, analizar y desarrollar sistemas de simulación que pudieran mejorar el nivel de entrenamiento del personal en el uso de diferentes sistemas de armas. En la actualidad el Ejército Argentino emplea más de 13 sistemas de simulación.

Actualmente se encuentran disponibles distintos simuladores de realidad virtual aplicados al paracaidismo de alta infiltración. Los mismos son de origen extranjero con similares prestaciones. En el marco regional, la República Federativa del Brasil cuenta desde el año 2015 con simulador de manejo de paracaídas de alta infiltración. El mismo fue remplazado en el año 2022 por otro de mejores prestaciones, siendo éste el nuevo simulador de la marca SOKOL – ESIGMA de origen Alemán / República Checa, que en su sitio oficial SOKOL-SIM

(2022, marzo 28) describe su producto como un entrenador integral para operaciones con sistemas de paracaídas de alta infiltración, que abarca dos fases del lanzamiento, la de caída libre y manejo del paracaídas, a diferencia del simulador de caída libre *túnel de viento* que solo abarca la fase caída libre. El modelo presenta como principales características:

- Un diseño modular.
- Realismo.
- Diseño centrado en el usuario que permite modificar el terreno o zona de salto y distintos tipos de sistemas de paracaídas.
- Aumenta la seguridad al permitir practicar procedimientos de emergencia y manejo de paracaídas de manera realista.
- Características técnicas que permiten la simulación de caída libre con una suspensión realista y simulación de tres dimensiones.
- Permite el desarrollo de ejercicios para misiones de vuelo con velamen abierto y control sobre los escenarios bajo observación en tiempo real.
- Otorga una experiencia realista de vuelo en el manejo y en los procedimientos de emergencias.

La evolución de las tecnologías en el diseño de simuladores virtuales permitió a los procesos educativos mejorar las habilidades de los soldados, desarrollando una progresión lógica en condiciones seguras y abaratando costos operativos. Los procesos de trabajo, de enseñanza aprendizaje, las técnicas de enseñanzas, métodos de entrenamiento y otras actividades educativas deben evolucionar nutriéndose y empleando nuevas herramientas que permitan mejorar las habilidades de los alumnos.

Objetivos

Son muy pocas las publicaciones que hacen alguna referencia particular al desarrollo de las operaciones de configuración por parte de las tropas de operaciones especiales y tropas aerotransportadas de la FDR. Un elemento esencial para considerar es el nivel de adiestramiento requerido para estas tropas altamente especializadas y capacitadas, donde la formación y el adiestramiento deben mantener un estándar excepcionalmente alto. Sin embargo, este nivel de excelencia en la capacitación conlleva costos monetarios significativos, lo que plantea un desafío particular en un momento en que las restricciones presupuestarias son una realidad constante. Los recursos limitados hacen que sea imperativo optimizar cada aspecto de los procesos de formación y adiestramiento. Dónde no solo radica la necesidad de minimizar el costo, sino también garantizar la efectividad y la seguridad de las operaciones. El empleo de herramientas innovadoras permitirá lograr un equilibrio entre la eficacia operativa y la eficiencia financiera.

Objetivo General

Identificar cómo la integración de herramientas de simulación virtual mejorará la formación y el adiestramiento operacional de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración integrantes de la Fuerza de Despliegue Rápido.

Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: Explicar las operaciones de configuración que desarrollarán las Tropas de Operaciones especiales en el marco de las Fuerzas de Despliegue Rápido como parte del componente terrestre del teatro de operaciones, identificando las características, técnicas de infiltración y de ejecución particulares.

Objetivo Específico 2: Explicar el empleo de herramientas de simulación de realidad virtual para mejorar la formación y adiestramiento operacional, identificando las principales ventajas y desventajas.

Objetivo Específico 3: Determinar cómo integrar de manera efectiva, las herramientas de ayuda de simulación de realidad virtual en la formación y el adiestramiento de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración.

Capítulo 1

Operaciones de Configuración Como Parte del Componente Terrestre del Teatro de Operaciones

El propósito de este capítulo se enfoca en proporcionar una comprensión detallada de las operaciones de configuración realizadas por las Tropas de Operaciones Especiales, mediante un análisis de la doctrina específica, conjunta y de países extranjeros, con la intención de resaltar la importancia y el impacto de estas operaciones en la planificación estratégica y táctica de las operaciones militares dentro del nivel Componente Terrestre del Teatro de Operaciones para la obtención de la decisión.

Además, se expresará la importancia de las operaciones de configuración desarrolladas por las tropas de operaciones especiales, identificando las características de este tipo de tropas, sus técnicas de infiltración y de ejecución particulares, dentro del ámbito específico y conjunto. Resaltando el alto nivel de adiestramiento requerido para el cumplimiento de sus funciones a la luz de las restricciones presupuestarias actuales y posibles formas de mantener el nivel requerido, efectivizando costos en la formación y adiestramiento mediante el empleo de herramientas innovadoras.

Tipificación de las Operaciones

Focalizándonos en el propósito de este capítulo, se iniciará con el análisis doctrinario previsto. La doctrina del Ejército Argentino estipula que el comandante y su estado mayor deben combinar armónicamente, los elementos del diseño operacional (estado final deseado, centro de gravedad, puntos decisivos, momento y ritmo), junto con los factores de la táctica (espacio, tiempo, poder de combate relativo) y los elementos de la táctica (fuego, choque - maniobra) plasmando las operaciones del componente terrestre en operaciones decisivas, de configuración, de sostenimiento y protección, que buscarán producir el disloque táctico del enemigo. (Ejército Argentino, 2015).

Esta tipificación de las operaciones podrá ejecutarse en sectores cercanos, profundos o en la propia retaguardia. Las organizaciones del componente terrestre traducirán este tipo de operaciones (decisivas, de configuración, protección y sostenimiento) en esfuerzos principales y secundarios.

Una operación decisiva “es aquella operación destinada a alcanzar el cumplimiento de la misión asignada; el punto focal sobre el cual el comandante efectúa el planeamiento de todas sus acciones asignando su especial atención y mayor prioridad” (Ejército Argentino, 2015, Cap. III p.23). para lo cual se buscará concentrar los esfuerzos mediante el principio de masa, normalmente configurarán el esfuerzo principal de la operación en desarrollo y estará relacionada a una operación básica de combate (operaciones ofensivas, operaciones defensivas).

Las operaciones de sostenimiento y protección “Son las operaciones que facilitan al componente la ejecución de las operaciones decisivas y de configuración por medio de la generación y mantenimiento del poder de combate” (Ejército Argentino, 2015, Cap. III p.26).

A diferencia de las operaciones decisivas o de configuración, este tipo de operaciones se focalizan en la preservación del propio poder de combate y la libertad de acción, por lo general estarán orientadas a garantizar el sostenimiento logístico de la propia fuerza y llevar a cabo acciones que aseguren un poder de combate relativo favorable para la realización de las operaciones decisivas y de sostenimiento. Estas operaciones otorgarán la libertad de acción al comandante, asegurando el apoyo continuo a las operaciones y la neutralización de las operaciones del enemigo sobre la propia retaguardia que limiten el ritmo y coherencia en las propias operaciones.

El efecto inmediato sobre las operaciones en desarrollo puede no ser muy notorias inicialmente, pero resultarán críticas para la ejecución de operaciones futuras. Normalmente este tipo de operaciones se realizarán en la propia retaguardia.

Operaciones de Configuración

Las operaciones de configuración, será la operación o conjunto de operaciones que crearán, o preservarán las condiciones favorables necesarias para el éxito de la operación decisiva del componente (Ejército Argentino, 2015).

Las operaciones de configuración se realizarán antes, durante y después de las operaciones decisivas, siendo diseñadas en función de las necesidades de la operación decisiva, con el propósito de generarles las mejores condiciones para su desarrollo.

Dentro del marco de la acción militar conjunta y combinada, el comandante debe considerar las acciones realizadas por otras líneas de operaciones y las operaciones de elementos pertenecientes a otras fuerzas, con la finalidad de aprovechar los efectos que hayan logrado, de acuerdo con el concepto de operaciones de configuración.

A diferencia de las operaciones decisivas que estarán relacionadas a una operación básica de combate, las operaciones de configuración además de las operaciones básicas de combate estarán relacionadas con las siguientes operaciones complementarias:

- Interdicción, se ejecutará en territorio bajo control enemigo, buscando negar o impedir al mismo el uso de determinadas áreas o vías de comunicación, mediante el desarrollo de procedimientos y/o medios tales como fuegos, acciones de elementos básicos de combate o tropas de operaciones especiales, teniendo como finalidad la restricción o el impedimento de los desplazamientos del enemigo hacia una zona determinada, contribuyendo a aislar el campo de combate interfiriendo su comando y control. (Ejército Argentino, 2015)
- Incursión, buscará cumplir un propósito específico dentro de la posición enemiga sin la intención de retener un terreno, se ejecutará normalmente a continuación de una operación complementaria de infiltración, la acción en el objetivo se materializará mediante procedimientos de combate de golpe de mano, emboscadas u otros

- procedimientos ofensivos, con la finalidad de destruir medios de comando y control, de combate o elementos logísticos del enemigo, instalaciones o materiales específicos, captura de personal, material o documentación, recuperación de personal capturado por el enemigo, engañar al enemigo en el marco de una operación de velo y engaño, obtener información. (Ejército Argentino, 2015)
- Guerra Electrónica, serán aquellas acciones realizadas para controlar el espectro electromagnético (EEM), permitiendo el empleo efectivo del mismo por parte de la propia fuerza y realizar ataques sobre el enemigo en este ambiente con la finalidad de reducir o negar a las fuerzas del enemigo, la utilización del EEM para sus comunicaciones, dificultando el comando y control, y afectar los sistemas de armas que necesiten de emisiones electromagnéticas. Asimismo, buscará asegurar el empleo efectivo del EEM por parte de la propia fuerza, podrán ser de carácter ofensivo y defensivo mediante los procedimientos de apoyo de guerra electrónica, ataque electrónico y protección electrónica. (Ejército Argentino, 2015).
 - Comunicación Social Aplicada al Combate, es el conjunto de técnicas y procedimientos de comunicación social empleados para garantizar la transmisión, recepción y adecuada comprensión e interpretación de los mensajes que contribuyen a los objetivos de las fuerzas terrestres durante sus operaciones. Estas operaciones deben ser desarrolladas por los elementos organizados, capacitados y adiestrados especialmente para estos fines, normalmente serán ejecutados por organizaciones de asuntos civiles y fuerzas especiales, forman parte de las operaciones de información con la finalidad de lograr un cambio de una conducta en las fuerzas propias, las enemigas o de la población local, lograr el apoyo de la población en la zona de operaciones, incrementar la voluntad de lucha de la propia fuerza y reducir la voluntad de las fuerzas enemigas. (Ejército Argentino, 2015).

- Barrera, es la operación complementaria que busca detener, canalizar o retardar una fuerza enemiga en el marco de una operación básica defensiva, se desarrolla mediante el planeamiento, instalación y protección de series coordinadas de obstáculos de magnitud considerable, los mismos pueden ser complementados por medio de la destrucción total o parcial de objetivos en un área determinada, teniendo como finalidad demorar y/o desgastar al enemigo mediante el empleo combinado de los obstáculos, el fuego y otras operaciones tácticas modificando el poder de combate relativo en propio beneficio, cerrar espacios protegiendo flancos libres o en sectores con escasa densidad de tropas, buscando la economía de fuerzas. (Ejército Argentino, 2015).
- Velo y Engaño, es la operación complementaria que buscará ocultar al enemigo las verdaderas intenciones o acciones a realizar por la propia fuerza, mediante la ejecución de acciones coordinadas y el empleo de medios especiales, diferenciando al velo como la ejecución de acciones especiales destinadas a ocultar un plan o actividad y al engaño como conjunto de actividades destinadas a hacer incurrir al enemigo en apreciaciones o conclusiones erróneas mediante la distorsión de indicios. Tendrá por finalidad inducir al enemigo a obtener conclusiones erróneas sobre las capacidades e intenciones de la propia fuerza, buscando reducir o anular la eficiencia de sus operaciones limitando o retardando su reacción contra las propias operaciones producto del error inducido. (Ejército Argentino, 2015).

Las operaciones de velo y engaño deberán estar coordinadas en todos los niveles para evitar interferencias.

- Ciberdefensa, es el conjunto de acciones que se desarrollan en el ciber espacio para prevenir, detectar, identificar, anular, impedir, evitar, contrarrestar, contener o repeler las amenazas o agresiones cibernéticas sea esta inmediata o potencial permitiendo el empleo del instrumento militar de la nación, tradicionalmente las fuerzas militares han

operado en los ambientes terrestres, marítimos y aéreos con límites claros entre ellos. Con el desarrollo de las tecnologías se incorporó un nuevo ambiente operacional conocido como el ciberespacio que engloba la totalidad de los otros ambientes y se superpone sobre ellos integrándolos. En este ambiente es imposible distinguir con claridad al agresor y sus finalidades. Dado que las fuerzas terrestres emplean sistemas y redes informáticas que las hace objeto de amenazas en este nuevo ambiente, será necesario organizar, equipar y adiestrar elementos para operar en el ciberespacio con la finalidad de vigilar y controlar las redes y sistemas en los ámbitos específicos y conjuntos, como así también disputar el control del ciberespacio necesario para el accionar de las fuerzas militares propias. (Ejército Argentino, 2015).

- Operaciones con Fuerzas de Resistencia Local (OFRL), son aquellas operaciones realizadas en territorio bajo control o influencia del enemigo, mediante la generación de un poder de combate con fuerzas voluntarias conformadas por civiles, fuerzas de seguridad y eventualmente por fuerzas militares en apoyo que buscan oponerse a una fuerza de ocupación enemiga atacando objetivos militares que afecten sus capacidades con las finalidades de hostigar, afectar la moral, perturbar y engañar al enemigo, desviar su atención, obligándolo a incrementar la seguridad en su propia retaguardia mediante el empleo de elementos de combate, afectar sus funciones de combate de comando, control, comunicaciones e inteligencia y la neutralización o destrucción de medios logísticos . (Ejército Argentino, 2015).

Las OFRL serán rentables cuando la relación de poder de combate sea desfavorable para la propia fuerza y exista un notable apoyo por parte de la población local.

Operaciones de Configuración en Doctrinas Extranjeras

El Departamento del Ejército de los Estados Unidos (2011), fija una estructura común para las operaciones terrestres, permitiendo a los comandantes organizar sus esfuerzos

operacionales de manera rápida y efectiva, estableciendo un marco operativo, proporcionando a los comandantes opciones conceptuales básicas para visualizar y diseñar sus operaciones. El proceso de estas operaciones podrá ser secuencial o simultáneas.

Los comandantes serán los responsables de articular su concepto de operaciones en tiempo, espacio y en base al poder de combate, estableciendo un marco a las operaciones (Figura 2), definiendo operaciones cercanas, profundas y en la propia retaguardia y destacando esfuerzos principales y secundarios asociados al principio de economía de fuerzas, asignando el máximo posible de recursos al esfuerzo principal y los mínimos necesarios a los esfuerzos secundarios.

Asociado al concepto de operaciones decisivas, de configuración y de protección o de sostenimiento, donde las operaciones decisivas conducirán directamente al logro de la misión impuesta por el comandante, las operaciones de configuración a similitud de nuestra doctrina estarán destinadas a crear y preservar las condiciones para el éxito de la operación decisiva. Si bien las operaciones de configuración no están diseñadas ni dotadas de recursos para ser decisivas, el comandante puede lograr su objetivo si una operación de configuración logre los efectos necesarios para lograr el disloque táctico del enemigo, tal como lo expresa David R. Moore (1999.).

El analista militar Tomas Mirto (1999) afirma que las operaciones de configuración son operaciones que se desarrolla en cualquier nivel de la conducción, que crea y preserva las condiciones para el éxito de la operación decisiva a través de los efectos sobre el enemigo, otros actores y el terreno.

Tropas de Operaciones Especiales en las Operaciones de Configuración

El reglamento de Conducción para las Fuerzas Terrestres (2015), define que “Las operaciones especiales son aquellas ejecutadas por tropas de operaciones especiales (TOE) que dispongan de una preparación espiritual, física y técnica en condiciones de enfrentar fuerzas

enemigas, normalmente superiores en número, y que puedan lograr efectos en objetivos de alto valor (OAV) que, por su trascendencia y característica, no puedan ser obtenidos por otros medios, en situaciones de aislamiento, durante periodos relativamente prolongados” (Ejército Argentino, 2015, Cap XII, p.1).

Estas unidades están debidamente organizadas, equipadas y entrenadas con el propósito de llevar a cabo operaciones o procedimientos de combate diseñados para abordar situaciones de extrema complejidad, incluso en enfrentamientos con fuerzas enemigas dentro de su propio territorio (Ejército Argentino, 2015).

Las TOE del Ejército Argentino comprenden a varios elementos integrados por Comandos, Fuerzas Especiales dependientes de la Agrupación de Fuerzas de Operaciones Especiales, Buzo de Ejército de Operaciones Especiales y Cazadores de Monte, Cazadores de Montaña y Cazadores Patagónicos, donde cada uno de estos elementos posee capacidades específicas que le permitan satisfacer las exigencias del nivel de la conducción al que sirven.

Estas unidades están altamente especializadas para operar en diversos entornos geográficos y condiciones climáticas extremas. Además, cuentan con la capacidad de utilizar una variedad de medios para su proyección, y están preparadas para enfrentar situaciones que involucran desafíos técnicos y tácticos, normalmente en la profundidad del dispositivo enemigo.

Es importante destacar que la preservación de estas tropas es un factor crítico para considerar, ya que su formación y adiestramiento demandan un tiempo considerable y su remplazo resulta complejo. (Ejército Argentino, 2015).

En el proceso de planificación para el empleo de las TOE, se debe tener en cuenta que estas unidades tienen una capacidad limitada para mantener el terreno. Por lo tanto, es esencial considerar una rápida y precisa infiltración, acción en el objetivo y exfiltración. (Ejército Argentino, 2015).

Las misiones de los Comandos y Fuerzas Especiales, en el desarrollo de sus operaciones se centran en la obtención de efectos estratégicos mediante acciones tácticas, que sumados a otros efectos generará las condiciones favorables para el disloque táctico del enemigo.

Normalmente las tropas Comandos ejecutarán operaciones complementarias como la incursión, interdicción, exploración y seguridad bajo la concepción de operaciones de configuración, además emplearán otras operaciones complementarias como la infiltración para alcanzar sus objetivos en las mejores condiciones. Los efectos producidos por las operaciones de comandos serán de importancia para el desarrollo de la batalla y/o campaña y se caracterizarán por la contribución hacia la obtención de la decisión, es decir que guarda estrecha relación al concepto de operaciones de configuración.

Las Fuerzas Especiales (FFEE) se centrarán en el desarrollo de operaciones con fuerza de resistencia local (OFRL), reconocimiento estratégico y operaciones de comunicación social aplicada al combate, especialmente en territorio propio ocupado por el enemigo. La colaboración con elementos locales les proporciona la capacidad de llevar a cabo operaciones de evasión y exploración de FFEE de manera efectiva. En ciertas ocasiones las FFEE pueden llevar a cabo operaciones de acción directa, como la incursión e interdicción. (Ejército Argentino, 2015).

Las operaciones con TOE, normalmente se iniciarán con la infiltración de la fracción en el área de operaciones, esta infiltración puede llevarse a cabo utilizando diversas técnicas, terrestres, anfibias o aéreas. Una vez completada la infiltración, se reconoce el objetivo con el fin de verificar los planes. La acción en el objetivo será materializada por una tarea que permita alcanzar el efecto deseado por el escalón superior (Ejército Argentino, 2015), mediante la aplicación de uno o más procedimientos particulares de las TOE.

El proyecto del reglamento de Conducción de Operaciones Especiales Conjuntas (2021) indica, que las operaciones especiales conjuntas tendrán como objetivo establecer o mantener

las condiciones para el éxito de la operación decisiva del componente. Generalmente se centrarán en influir las variables relacionadas con el enemigo, el terreno y su interacción con la población local. Estas operaciones se ejecutarán antes durante o después de la operación decisiva y se diseñarán en función de sus necesidades. Podrán realizarse en la zona de interés del elemento, en la retaguardia enemiga o en otro sector, relacionado con el concepto de operaciones profundas y cercanas. (Estado Mayor Conjunto, 2022).

Las TOE podrán operar bajo la dependencia del componente terrestre del teatro de operaciones (CTTO) o bajo el agrupamiento de un comando conjunto de operaciones especiales (CCFOE) donde podrán ser requeridos para el desarrollo de operaciones para los distintos componentes (Estado Mayor Conjunto, 2022). Estas operaciones se darán en los siguientes casos:

- Operaciones especiales de configuración en el marco de una operación aerotransportada. Los elementos de operaciones especiales tendrán como objetivos blancos de alto valor (BAV) a los sistemas de defensa aérea, sistemas de alerta temprana, aviación caza y medios de aeromovilidad enemigas en capacidad de influir en las propias operaciones, sistemas de apoyo de fuego, de contar con fuerzas de resistencia local, podrán asegurar zonas de lanzamiento o interditar avenidas de aproximación hacia las mismas. El Grupo de Operaciones Especiales de la Fuerza Aérea Argentina, desarrollará acciones de control aéreo de combate, habilitando zonas de lanzamiento y operando aeródromos capturados.
- Operaciones especiales de configuración en el marco de una operación anfibia. Los elementos de operaciones especiales tendrán como objetivos los sistemas de defensa de costa, sistemas de alerta temprana, la aviación caza enemiga y los medios de aeromovilidad en capacidad de influir en la zona de desembarco propia, las TOE reconocerán y señalarán playas de desembarco y remoción de obstáculos navales.

Asimismo, en el caso de contar con FRL estas podrán marcar y asegurar zonas de desembarco o interdictar las avenidas de aproximación hacia las mismas.

- Operaciones de configuración para el logro de la superioridad aérea. Los elementos de operaciones especiales tendrán como objetivo los sistemas de defensa aérea, de alerta temprana y la aviación caza enemiga y otros medios de aeromovilidad.

La Agrupación de Fuerzas de Operaciones Especiales (AFOE) desempeña un papel esencial en la ejecución de operaciones de configuración dentro de la Fuerza de Despliegue rápido. Las Subunidades que componen la AFOE demuestran un alto grado de adiestramiento especializado, equipamiento avanzado, preparación y experiencia que resaltan su calidad operativa. (Ejército Argentino, 2017).

Proporcionará al comandante un elemento que le permita incidir sobre objetivos distantes de verdadera relevancia estratégica o táctica, cuya afectación influirá significativamente sobre el logro de la decisión al más alto nivel.

Las TOE pertenecientes a la AFOE, se diferencian de otras por su capacidad de proyección de combate en la profundidad del dispositivo enemigo, mediante la infiltración con medios aéreos por lanzamientos en paracaídas automáticos o de alta infiltración.

Los lanzamientos de alta infiltración con paracaídas de apertura manual (LAIPAM), normalmente empleados en operaciones especiales permite infiltrar elementos de Comandos y Fuerzas Especiales con alto grado de precisión, de manera rápida y encubierta. (Ejército Argentino, 2019).

El empleo de técnicas de alta infiltración por parte de las TOE demandan un nivel de adiestramiento excepcionalmente alto. Estas técnicas particulares requieren una destreza y preparación específica que demandan un tiempo prolongado que abarca la formación, adiestramiento y perfeccionamiento para el empleo eficaz de estas tropas.

En tiempos actuales donde las limitaciones presupuestarias, la eficiencia en la asignación de recursos es esencial, es necesario contar con herramientas que mejoren la eficiencia en la formación y el adiestramiento para nuestras TOE. Es en este contexto donde las herramientas de simulación virtual emergen como una solución innovadora y valiosa ya que permiten mantener y mejorar el nivel de adiestramiento de manera efectiva, sin incurrir en los costos operativos asociados con el entrenamiento de campo.

Conclusiones Parciales

- Las operaciones de configuración son fundamentales en la concepción de las operaciones militares, ya que son éstas las que crearán o preservarán las condiciones necesarias para la ejecución de la operación decisiva que materialice el cumplimiento de la misión.
- La tipificación de las operaciones proporciona al comandante un marco organizativo efectivo para la planificación de las operaciones militares, asignando medios necesarios en sus respectivos esfuerzos.
- La doctrina militar de Estados Unidos comparte similitudes en la importancia otorgada a las operaciones decisivas, de configuración y de sostenimiento y protección, siendo evidente la universalidad de estos conceptos para el diseño de las operaciones militares.
- Las tropas de operaciones especiales desempeñan un rol central en las operaciones de configuración en el componente terrestre del teatro de operaciones debido a su alto nivel de adiestramiento y su capacidad para operar en entornos complejos.
- La colaboración y la coordinación entre los distintos componentes dentro del teatro de operaciones son esenciales para el éxito de las operaciones de configuración.
- La necesidad de implementar herramientas y técnicas innovadoras que permitan mantener y mejorar la eficiencia en la formación y adiestramiento de nuestras tropas de operaciones especiales frente a las limitaciones presupuestarias actuales.

Capítulo 2

Simuladores de Realidad Virtual en la Formación y Adiestramiento Operacional de las Tropas de Operaciones Especiales y Paracaidistas de Alta Infiltración

El propósito de este capítulo se centra en la evolución de las simulaciones en el ámbito militar, particularmente en relación con la formación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración. El capítulo aborda cómo ha evolucionado el entrenamiento militar desde los ejercicios en vivo hasta la realidad virtual, y como estas tecnologías han transformado a la capacitación y el adiestramiento operacional de las fuerzas armadas.

El capítulo desarrolla de manera más detallada la realidad aumentada y realidad virtual, que permiten un entrenamiento realista e inmersivo. Se destaca a la realidad virtual como herramienta esencial para la formación moderna de los soldados de tropas especiales.

Se analiza específicamente los simuladores para la formación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales, se puede apreciar la diferencia en la evolución de estos, donde para actividades más particularizadas como las técnicas de alta infiltración se encuentra más desarrollado en la actualidad, respecto de otras actividades o procedimientos de combate que no se encuentran tan desarrolladas generando una simulación menos realista y completa.

Este capítulo se basa en una amplia gama de bibliografía, desde publicaciones de expertos sobre la evolución de la simulación con fines educativos y su aplicación en el ámbito militar. Asimismo, el autor por medio de comunicación personal con las empresas diseñadoras de simuladores de vanguardia de origen extranjero describe el funcionamiento de simuladores empleados en la formación de distintas fuerzas de operaciones especiales del mundo, y particularmente del marco regional.

Para finalizar el capítulo describiendo las principales ventajas y desventajas del empleo de simuladores virtuales para la formación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales.

Evolución de las Simulaciones

La evolución de las simulaciones, según la *Research and Technology Organisation* (RTO-OTAN) (2003) describe el progreso gradual desde los ejercicios en vivo, las vías especiales, el banco de prueba, la simulación por computadora hasta la realidad virtual, por ejemplo:

- Los ejercicios vivos representan la forma más tradicional de entrenamiento militar. Estos consisten en ejercicios y maniobras en el campo, donde los soldados y equipos militares participan en situaciones reales. Estos proporcionan experiencia práctica y realista, pero también pueden ser costosos y presentar ciertos riesgos para el personal y el material.
- Las vías especiales (*Special Tracks*) que refieren a la creación de entornos específicos para el entrenamiento y la simulación, en esta etapa se utilizan instalaciones y equipamientos especiales, como campos de tiro, pistas y áreas de entrenamiento especializadas que permiten un mayor control sobre el entrenamiento y proporcionan un entorno más seguro y controlado que los ejercicios en vivo.
- Los bancos de prueba (*Test Bench*) representan un paso hacia la simulación más tecnológica. En esta etapa, se utilizan dispositivos y equipos para simular aspectos específicos de las operaciones militares. Como ejemplos de estos podemos incluir los simuladores de vuelo para entrenar a los pilotos en una variedad de escenarios y condiciones. Estos bancos de prueba permiten un entrenamiento más especializado en la repetición de habilidades necesarias.

- La simulación por computadoras es un enfoque más avanzado en la evolución de las simulaciones. En esta etapa se utilizan modelos y algoritmos computarizados para simular situaciones y escenarios militares. Esta simulación puede abarcar diferentes aspectos, desde el terreno y las condiciones meteorológicas, el accionar de la propia fuerza y la del enemigo. Este tipo de simulación permite analizar diferentes variables y evaluar el rendimiento de las fuerzas.

Realidad Aumentada y Realidad Virtual

Las evoluciones de las tecnologías permitieron integrar el mundo real con el mundo virtual, desarrollando el concepto de realidad aumentada (RA), (Merkni, M & Lemieux, A. 2014), término que se utiliza para describir a la combinación de las tecnologías que permiten mezclar en tiempo real las simulaciones virtuales generadas por computadoras con visualizaciones de video en vivo. La RA se basa en técnicas desarrolladas en la realidad virtual (VR) e interactúa no solo con un mundo virtual sino que tiene un grado de interdependencia con el mundo real, la última década ha sido especialmente rica en avances en creciente campo de investigación, lo que ha abierto perspectivas para diversas oportunidades del uso de la RA en varios dominios de la aplicación.

Caudell utilizó el término de RA en el año 1990 mientras trabajaba para la empresa Boeing, donde se le había requerido que mejorara los costosos diagramas y dispositivos utilizados para guiar a los trabajadores en la planta de fabricación (Caudell, T & Mizzell, D, 1992), donde propuso reemplazar las grandes tablas de instrucciones de cableados diseñadas especialmente para cada avión, por un dispositivo montado en la cabeza de cada operador que por medio de gafas de alta tecnología proyectaba el diseño particular.

Merkini, M & Lemieux, A (2014), definen a la RA como un sistema que presenta las siguientes características:

- Sistema que combine lo real con lo virtual.

- Interacción en tiempo real.
- Sistema 3D compatible con otros sistemas.

Según Bimber y Raskar (Bimber, O, Raskar R, Inami, M, 2005, como se citó en Merkni, M & Lemieux, A, 2014), los sistemas de RA se construyen sobre tres bloques principales, el de seguimiento y registro, el de tecnología de visualización y el de respuesta en tiempo real, argumentando que la realidad aumentada es una tecnología que debe ser interactiva en tiempo real y que sea registrada en tres dimensiones, que permita transmitir al usuario una imagen creíble donde ambos entornos el real y el virtual coincidan con precisión.

Las tecnologías actuales presentan desafíos hacia el futuro donde el objetivo final sería integrar objetos generados por computadoras de tal manera que el usuario no pueda distinguir entre lo real y lo virtual.

Merkini, M & Lemieux, A (2014), reconocen como varios a los dominios de posibles aplicaciones de RA, algunos bien establecidos como la medicina, el empleo militar, la producción, y el entretenimiento. Dentro del ámbito militar la RA se puede utilizar para el entrenamiento de las fuerzas armadas, representando escenas reales de un campo de batalla.

Livingston, en su artículo “*An augmented reality system for military operation in urban terrain*” (Livingston, M & otros como, como se citó en Merkni, M & Lemieux, A, 2014) describe como utilizar la técnica de RA para la planificación de entrenamientos militares en terrenos urbanos, donde la empresa Arcane desarrolló el uso de la técnica de RA para mostrar un terreno animado que podía utilizarse para la planificación y ejecución de operaciones militares.

La RTO-OTAN (2003) define a la realidad virtual como experiencias humanas multidimensionales que son total o parcialmente generadas por computadoras y pueden ser aceptadas por los participantes como coherentes. Asimismo, nos indica que no es necesario que un mundo o ambiente virtual sea una copia exacta del mundo real, sino que es suficiente contar

con un mundo artificial que permita trabajar de manera similar. Para que sean coherentes, la realidad virtual debe proporcionar sensaciones o ilusiones de sensaciones que correspondan a las que se experimentan en el mundo real. Para que esto suceda, es necesario que las señales que se experimentan en el mundo real produzcan la misma o una sensación aproximada en el mundo virtual, estas señales o estímulos se entregan a través de tecnologías de interfaz a personas que se encuentran en el mundo virtual, siendo esta misma interfaz la encargada de entregar respuestas apropiadas del usuario para su interacción con el mundo virtual.

Debido al continuo avance de la tecnología y para satisfacer la creciente demandas de los clientes, la realidad virtual se considera actualmente como una de las tecnologías más emergentes eficientes y con mayor proyección a futuro, no solo ha superado las limitaciones de la realidad aumentada y su necesidad de contar con un entorno real para integrarlo con un entorno virtual, sino que también ha simplificado y facilitado la vida a las personas. (Gandhi, D & Patel, D, 2018).

La realidad virtual permite simular una presencia física en lugares del mundo real o un mundo imaginario, sin correr riesgos o estar expuesto a un peligro real, permitiendo desarrollar acciones simuladas en un entorno virtual seguro.

Gandhi y Patel indican que el sistema de realidad virtual opera inicialmente registrando los movimientos físicos en el mundo real, luego una computadora diseña el mundo virtual para reflejar estos movimientos y devuelve al usuario mediante dispositivos especiales una respuesta en tiempo real dando una sensación de inmersión.

La realidad virtual requiere de un proceso de entrada de información, materializado por los dispositivos de entrada tales como teclados, joysticks, y rastreadores de tres dimensiones. El proceso de simulación es el núcleo de un programa de realidad virtual que será el encargado de manejar las interacciones del usuario con las leyes de la física determinadas para un entorno

virtual determinado. Finalizando con un proceso de representación que devuelve al usuario la resultante de interacciones propias con el entorno simulado. (Gandhi, D & Patel, D, 2018).

La Realidad Virtual y su Aplicación Militar

Una de las primeras áreas donde la realidad virtual encontró una aplicación práctica es en la capacitación de soldados para operaciones militares. Uno de los primeros usos de simuladores en un entorno militar fueron los entrenadores de vuelos construidos por la compañía Link a finales de los años 20 y 30 que se emplearon para enseñar vuelo por instrumentos a los pilotos donde se centraba en la cabina del piloto sin tener en cuenta el exterior. El primer simulador con una vista exterior apareció en la década de 1950, mediante el empleo de cámaras de videos, que representaba sobre un modelo a escala del terreno los alrededores de un aeropuerto donde la imagen resultante se enviaba a un monitor frente al piloto. El movimiento de la palanca de control y el acelerador del piloto producían un movimiento correspondiente de la cámara sobre la superficie del tablero del terreno, que generaba que el piloto recibiera una retroalimentación visual tanto dentro como fuera de la cabina. (Baumann, J, (s.f))

El ámbito militar representa una de las aplicaciones más importantes de la tecnología de realidad virtual y es, a su vez uno de los primeros y más ampliamente adoptados campos en los que se ha utilizado esta tecnología. El departamento de defensa de los Estados Unidos de América incluyó a la tecnología de RV en una lista de las siete tecnologías clave que asegurarán la supremacía de las fuerzas estadounidenses en el siglo XXI, lo que ha provocado cambios en los conceptos y métodos en el campo militar. La utilización de la realidad virtual en el ámbito militar abarca principalmente el entrenamiento virtual, los ejercicios virtuales en el campo de batalla y el desarrollo virtual de armamento. (Xinxiong, L, 2018).

Xinxiong, L indica que la simulación para el entrenamiento es una forma de tecnología de simulación física. Su principal objetivo, es desarrollar las habilidades de combate de un

soldado individual o de un grupo de combate al simular vehículos reales, soldados reales o un entorno de combate real. En la actualidad se utilizan sistemas de simulación de conducción y sistemas de combate láser de propósito múltiple. La precisión y la sensación de inmersión de estos sistemas han mejorado significativamente, y el grado de simulación de las imágenes proyectadas se aproximan bastante a la realidad.

El simulador de la empresa *Frasca* como podemos ver en la figura 3 para el entrenamiento de aviación general, diseñado para la navegación en vuelo individual y doble, presenta un sistema de alta resolución y plataforma de vuelo integrada, sistema de instrumentación de vuelo electrónicos que proporcionan una simulación de alta fidelidad, permitiendo que los pilotos desarrollen sólidas habilidades de combate en condiciones de bajo riesgo y bajo costo económico en relación con los entrenamientos de campo. (Xinxiong, L, 2018).

Relacionado con la fabricación de armas mediante el empleo de la realidad virtual, Xionxiong, L. detalla que estas tecnologías tienen un importante valor en el diseño de armas, análisis de investigación, planificación de producción, fabricación y otros aspectos.

En el proceso de diseño y desarrollo de armas, la tecnología de RV se utiliza para proporcionar una demostración avanzada, de modo que los desarrolladores y usuarios puedan ingresar al entorno virtual de combate y operar sistemas de armas antes de su producción real, obteniendo resultados como los índices de rendimiento táctico y técnico, y racionalidad de la operación de estas.

Esto no solo acelera el ciclo de desarrollo del sistema de armas, sino que también evalúa adecuadamente su efectividad operativa para garantizar su calidad y eficiencia general, acercándolo a los requisitos de combate reales. Los Aviones F-22, cazas de cuarta generación de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, lograron la integración del diseño y fabricación

digital 3D mediante el empleo de la tecnología de RV durante todo su proceso de desarrollo, reduciendo el ciclo de desarrollo en un 50% y ahorrando más del 93% en costos de desarrollo.

El portaaviones CVN21 fue el primer portaaviones diseñado completamente en un entorno virtual, empleando tecnologías de RV durante la fase de diseño, donde la modelización virtual permitió producir los detalles de ensamblaje a un costo y riesgos más bajos.

El Ejército de los Estados Unidos de América, por medio del documento de *Infantry and Weapons Company Guide to Training Aids, Devices, Simulators, and Simulations* (2009) proporciona a los jefes de compañía, información y una orientación de entrenamiento para el uso de dispositivos, simuladores y simulaciones de apoyo al entrenamiento. Estos dispositivos, simuladores y simulaciones de apoyo ofrecen escenarios de entrenamientos realistas en entornos simulados. La utilización efectiva de estos dispositivos ayuda a garantizar que el entrenamiento centrado en el combate sea auténtico y desafiante. Orienta que los mismos deben ser tenidos en cuenta y empleados en cada etapa del ciclo de adiestramiento para crear las condiciones de adiestramiento adecuadas, disminuyendo los costos operativos. (Sede del Departamento del Ejército, 2009).

La academia militar de West Point del Ejército de los Estados Unidos de América, en su sitio oficial, describe el trabajo desarrollado por su laboratorio de simulación de combate, que es el departamento que emplea tecnología de vanguardia que permite a los docentes y cadetes la oportunidad de investigar una amplia gama de problemas interdisciplinarios y sistémicos, y de aplicar software de simulación para visualizar y probar proyectos de investigación. Uno de sus productos es el software de simulación “*Simulación del Guerrero de Infantería*” (IWARS) que es una simulación de combate constructiva basada en agentes, centrada en el combate cercano, de nivel individual y del grupo de tiradores, utilizado para evaluar la efectividad operativa en un espectro de misiones, entornos y amenazas.

Otro software empleado es el “*Virtual Battle Space*” que es una plataforma de entrenamiento, que incorpora un entorno virtual de alta fidelidad, editor de escenarios y de misiones, que permite la ejecución de estas y posterior revisión de la acción. Los soldados se mueven en un entorno compartido e inmersivo en primera persona que permite ejecutar operaciones embarcado o a pie, además el sistema permite integrar vehículos aéreos, terrestres, un variado sistema de armas y de comunicaciones y fuerzas en oposición, permitiendo a los usuarios aprender a anticipar y responder situaciones tácticas, aplicando tácticas y procedimientos reales. Este software permite ensayar misiones tácticas y realizar revisiones posteriores a la acción. (Combat Simulation Lab, s.f)

Simuladores Específicos para las Tropas de Operaciones Especiales

En el capítulo uno de esta investigación, analizamos las características excepcionales que distinguen a las Tropas de Operaciones Especiales pertenecientes a las Fuerza de Despliegue Rápido, destacamos el alto nivel de adiestramiento requerido para estas unidades de Comandos y Fuerzas Especiales, como su característica distintiva con otras TOE por su capacidad para emplear técnicas de alta infiltración. También se expuso el costoso proceso de formación y adiestramiento. A continuación nos adentraremos en un aspecto importante en la formación y adiestramiento de estas, mediante el uso de simuladores de realidad virtual específicos para este tipo de tropas que permita perfeccionar sus habilidades de manera eficiente y realista, examinaremos los beneficios y las aplicaciones de estos avanzados simuladores, que van desde el entrenamiento en tácticas de alta infiltración, en tácticas de acción directa hasta la mejora en la toma de decisiones en situaciones complejas. Además, se considerará como estas herramientas tecnológicas no solo optimizan la formación y adiestramiento, sino que también representan una inversión estratégica, al reducir los costos asociados con la formación y adiestramiento tradicional.

El sistema de realidad virtual inmersiva *Dismounted Soldier Training System* empleado por el Ejército de los Estados Unidos permite el entrenamiento de soldados de infantería a pie, hasta el nivel grupo de tiradores, lo cual podría resultar provechoso para el entrenamiento de las fracciones de Comandos y Fuerzas Especiales.

Este sistema (Figura 4 y 5), permite integrar hasta nueve sistemas de hardware de realidad virtual denominados modulo tripulado del soldado virtual, totalmente portátiles e inmersivos. Este sistema permite la creación de escenarios de entrenamiento que incorpora fuerzas virtuales y participantes reales en vivo. Se integra personal a pie como así también vehículos terrestres y aéreos, y efectos climáticos, distintas opciones de visibilidad, el software presenta una representación en tres dimensiones de alta calidad. El sistema fue desarrollado en el año 2012 por la firma americana *Intelligent Decision* para el Ejército de los Estados Unidos con un precio aproximado de \$500.000 dólares americanos. (Mossel, A, Peer, A, Goellner, J. & Kaufmann, H., 2017).

El sistema de entrenamiento para soldado desmontado (United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 2015), permite emplear una variedad de armamento individual y colectivo, desde rifles M4 con sus versiones de lanza granada y ametralladoras M249. Además, el sistema puede integrarse con otros módulos en red, aumentando así los participantes. El sistema proporciona al usuario un campo de visión horizontal de 360 grados y un campo de visión vertical de 180 grados, al momento no se ha logrado una visión periférica completa. Los sensores corporales adheridos al soldado traducen los movimientos físicos de los brazos y la cabeza en movimientos virtuales y los mismos se comunican entre si mediante el empleo de auriculares y micrófonos. Los movimientos básicos son desarrollados por los usuarios mientras que acciones más específicas como el subir escaleras o atravesar obstáculos se realizan con un control especial incorporada al armamento principal.

El armamento empleado en este simulador replica en tamaño, peso y funcionalidad el armamento real como así también su dotación inicial. Las trayectorias balísticas para cada tipo de proyectil se incorporaron al sistema, lo que permite a los usuarios la apreciación de los fuegos ejecutados.

Los impactos de fuego resultan en heridas o muertes del personal amigo o enemigo, lo que representa en el usuario el quedar fuera del sistema de simulación.

Cada soldado lleva un auricular y un micrófono que le permite escuchar voz, radio y efectos de combate.

La comunicación entre los usuarios es abierta y permite al líder de equipo mediante pulsadores comunicación en las distintas redes de comando recreando de manera precisa el empleo de las comunicaciones en situaciones reales.

Simuladores de Paracaidismo de Alta Infiltración

En esta sección, explicaremos como este tipo de simuladores han revolucionado la formación y el adiestramiento de las tropas de operaciones especiales que emplean como método de infiltración el paracaidismo de alta infiltración, destacado por el alto nivel de preparación al que estas tropas se someten.

El paracaidismo de alta infiltración es una técnica de infiltración aérea que permite insertar fracciones en territorio enemigo de manera efectiva y sigilosa, sin embargo, la formación y el adiestramiento tradicional para adquirir estas habilidades puede ser costoso, y conlleva cierto riesgo.

Es aquí donde entran en juego los simuladores de realidad virtual. Estas avanzadas tecnologías permiten a las tropas de operaciones especiales entrenar en entornos virtuales altamente realistas, replicando situaciones de paracaidismo de alta infiltración en diferentes escenarios y bajo condiciones climáticas adversas.

Estos simuladores ofrecen una experiencia inmersiva, realista y segura, permitiendo a las tropas de operaciones especiales practicar y perfeccionar sus habilidades de paracaidismo de alta infiltración sin correr riesgos. Además, a través de la realidad virtual, se pueden recrear escenarios complejos y desafiantes que serían difíciles de replicar en el entrenamiento tradicional.

Simulador de Paracaidismo de Alta Infiltración PARASIM P3000

La empresa *Systems Technology, Inc. (STI)*, con sede en los Estados Unidos de América, es la creadora y fabricante de simuladores de paracaídas de realidad virtual *PARASIM® Virtual Reality Parachute Simulator & Training*. STI presentó al Ejército de Chile, la oferta técnica del modelo de simulador *PARASIM® P3000* para entrenamiento militar de caída libre y paracaidismo automático. (Lascink, 2023)

Este modelo es un simulador de realidad virtual interactivo para el entrenamiento de paracaidismo militar, este innovador sistema combina tecnología de realidad virtual en 3D con una precisa dinámica de vuelo e instrumentos realistas, brindando a los paracaidistas militares la oportunidad de perfeccionar sus habilidades en tierra antes de emprender vuelos reales. (Lascink, 2023).

Con más de tres décadas de desarrollo continuo tanto en el hardware como en el software, donde el producto ofrecido ha alcanzado un éxito notable en todo el mundo, este simulador se ha consolidado como una solución de entrenamiento eficaz y probada, siendo el preferido por las fuerzas de operaciones especiales dentro de los Estados Unidos de América y otros 14 países, este producto fue desarrollado en estrecha cooperación con los fabricantes de velámenes y comunidad del paracaidismo. (Lascink, 2023).

El modelo P300 presenta una serie de características y componentes esenciales que lo conforman. Cada sistema se compone de una computadora de simulación que se configura previamente con el software específico, además de contar con controles de dirección, una

pantalla de realidad virtual montada en la cabeza del usuario, un rastreador de cabeza, sensores destinados a detectar las entradas de las cuerdas de comando del paracaídas en un marco de suspensión mecánico. La conjunción de estos elementos proporciona al paracaidista una experiencia de simulación tridimensional que resulta realista y sumamente inmersiva. (Lascink, 2023).

En la simulación, la escena 3D se desplaza con fluidez y precisión notables en respuestas a las acciones alternantes del paracaídas (Figura 6), los movimientos de la cabeza y las entradas detectadas provenientes de las cuerdas de manejo. Esto otorga al usuario percepciones altamente realistas, permitiéndole experimentar giros, desplazamientos y maniobras como si estuviera en un salto en condiciones reales. Las escenas de salto 3D son sumamente detalladas y se basan en datos e imágenes reales del terreno, estando pobladas de edificios, vegetación, vehículos y otros objetos en formato tridimensional. Durante la fase de caída libre, un sensor de captura de movimiento registra los movimientos del cuerpo del saltador, lo que permite maniobrar en el espacio virtual 3D de manera similar a como lo haría en un salto real de caída libre. (Lascink, 2023).

PARASIM® emerge como un sistema de simulación único y rentable que ofrece una herramienta altamente efectiva para la formación y el adiestramiento de habilidades de paracaidismo. Esto abarca una amplia gama de certezas, incluyendo maniobras en caída libre, la conciencia de altura y conciencia situacional, el reconocimiento y respuestas ante posibles emergencias, ejercitación de apertura de los sistemas de paracaídas, práctica de procedimientos de emergencia, toma de decisiones en relación con las alturas de decisión, técnicas de manejo de vuelo bajo velamen, vuelos en formación, operaciones grupales y prácticas de aproximación y de aterrizajes seguros. (Lascink, 2023).

El modelo P3000 desempeña un papel fundamental en el aumento de las competencias de los paracaidistas a través de los ensayos de misiones que hacen uso de bases de datos

construidas en motores de modelado por el programa empleado por el Ejército de los Estados Unidos, el programa Virtual Battle Space (VBS) con alto realismo militar. Estos motores simulan escenarios de mal funcionamiento del sistema de paracaídas que permite la identificación y aplicación de procedimientos de emergencia. Un aspecto destacado es su capacidad para lograr esta mejora significativa en la competencia de empleo de paracaídas de alta infiltración de manera eficaz mientras se reduce de manera substancial los costos generales de esta capacitación especial. (Lascink, 2023).

El entorno inmersivo e interactivo proporcionado por el sistema, fortalece de manera efectiva las técnicas de entrenamiento, incrementa la confianza del saltador y desarrolla la memoria muscular para una variedad de situaciones de paracaidismo de alta infiltración. Además, este modelo ofrece la posibilidad de entrenar específicamente para situaciones de emergencia, como fallos en el equipo, permitiendo la reproducción segura de la identificación de estas en un entorno seguro bajo la supervisión de un instructor. Estos ensayos tienen un gran impacto en la seguridad general, dado que las fallas durante la caída libre real no se pueden entrenar, quedando limitado a videos explicativos realizados por profesionales con alta experiencia. (Lascink, 2023).

La interfaz del modelo es sencilla y de fácil uso, simplificando la operación y capacitación por parte de los instructores. Un único operador puede configurar, iniciar , monitorear y evaluar tanto ejercicios individuales como ejercicios grupales en red desde una sola estación de control, reduciendo la carga de trabajo del instructor, simplificando la solución de problemas, minimizando la necesidad de hardware adicional y mantenimiento del sistema. (Lascink, 2023).

Las Fuerzas Especiales del Ejército de los Estados Unidos, llevaron a cabo un estudio en el que participaron más de 600 miembros con diversos niveles de habilidad y experiencia. Los resultados de este estudio arrojaron que el entrenamiento proporcionado por PARASIM®

generó un aumento significativo en la confianza de los estudiantes, lo cual se evidenció en todos los niveles de experiencia evaluados. Adicionalmente, otro estudio respaldado por el ámbito militar reveló que los instructores militares especializados en saltos de caída libre expresaron su interés en utilizar el modelo para mejorar la posición corporal de caída libre a los alumnos, así como para enseñar procedimientos de emergencia antes de desplegar el paracaídas principal de manera efectiva. Se destacó que PARASIM® se convirtió en una herramienta de entrenamiento altamente efectiva para corregir errores persistentes y modificar malos hábitos. Esto es aplicable no solo a los principiantes, sino que también a saltadores experimentados, ya que la dificultad del entrenamiento puede ser ajustada de acuerdo con las necesidades individuales, proporcionando datos empíricos valiosos sobre el rendimiento en los aterrizajes. Un aspecto distintivo del sistema es su capacidad para generar un sistema de puntuación basada en datos empíricos, que brinda información en tiempo real tanto al instructor como al alumno para evaluar el resultado de cada aterrizaje. (Lascink, 2023).

Dentro de las funciones de entrenamiento el Modelo P3000 permite la simulación de:

- Maniobras en caída libre, giros sobre los tres ejes, mediante el empleo de sensores inalámbricos y hardware de seguimiento corporal que se comunica con el software.
- Apertura y despliegue del velamen principal, desprendimiento del paracaídas principal como procedimiento de emergencia y apertura del paracaídas de reserva utilizando sensores ópticos y cordones mecánicos.
- Vuelo bajo velamen y frenado, con direccionamiento mediante comandos de control y sensores que se comunican con el software.
- Aterrizaje o contacto con el suelo mediante elevadores amortiguados.
- Simulación de lanzamiento *High Altitude High Opening* (HAHO) y *High Altitude Low Opening* (HALO) que consiste en las técnicas de lanzamiento a grandes alturas con

- equipo de oxígeno y aperturas en distintos niveles, navegación bajo velamen desde la altura simulada de 30.000 pies de altura.
- Configuración del usuario en relación con el tipo de paracaídas principal y de reserva, peso del equipamiento simulado.
 - Configuración de las condiciones de viento, de una biblioteca de más de 60 tipos de viento cambiantes en intensidad y dirección para entrenar patrones de aterrizaje con vientos leves a fuertes que en situaciones reales no se podría realizar.
 - Simulación de apertura del dispositivo de apertura automática del paracaídas de reserva como causa de emergencia durante la caída libre.
 - Configurar distintos tipos de paracaídas principales y de reserva según la misión y el objetivo de entrenamiento tanto de paracaídas de alta infiltración como de apertura automática.
 - Simular distintas averías del velamen en emergencias de baja velocidad para una correcta identificación y aplicación de los procedimientos de emergencia particulares para crear una memoria muscular adecuada y una respuesta física o correcciones de las acciones inmediatas.
 - Simular distintos tipos de terrenos o escenarios para varios perfiles de misión, obstáculos, ubicaciones de las zonas de aterrizaje, que agregan la capacidad de entrenar habilidades avanzadas y evaluar un correcto vuelo bajo velamen a modo de ensayo de la operación de infiltración aérea.
 - Evaluar mediante la asignación de puntajes los resultados del aterrizaje de manera dinámica basado en el seguimiento de las entradas de los sensores.
 - Revisión después de la acción que permite que el instructor y el alumno evalúen el desempeño del saltador en todas las fases del lanzamiento desde la salida de la aeronave,

caída libre, apertura del paracaídas y el aterrizaje, capitalizando las lecciones aprendidas sean estas buenas o malas para una corrección inmediata.

La entrega del sistema *PARASIM® P3000* además incluirá la capacitación de los futuros operadores e instructores para la operación y mantenimiento.

En el marco regional este sistema se encuentra disponible en el Ejército de Chile desde el año 2022. (Lascink, 2023).

Simulador de Paracaidismo de Alta Infiltración SOKOL Parachute Training Systems 3.0

Otro proveedor de sistemas de realidad virtual aplicados al paracaidismo es la firma *E.SIGMA* con sede en la República Federativa de Alemania, que, por medio de una comunicación personal, presenta al autor el sistema de realidad virtual *SOKOL 3.0 Parachute Training Systems*. (Bals, 2023).

ESIGMA realizó un análisis de la industria del paracaidismo concluyendo que el riesgo, así como el nivel de habilidad requerido para el salto en paracaídas, son elevados, donde la formación adecuada es un requisito fundamental para la ejecución de estos. Se espera que en los próximos 10 años crezca a una tasa del 4.6% este mercado, y con el aumento en la producción de paracaídas, también se prevé un aumento de paracaidistas que necesitarán entrenamiento.

Los métodos tradicionales de entrenamiento, como el túnel de viento y el salto real desde aeronave en vuelo, solo entrenan los procedimientos básicos de salida y aterrizaje. El sistema SOKOL 3.0 optimiza el proceso de aprendizaje y permite experimentar y entrenar de manera práctica situaciones de mal funciones o procedimientos de emergencia, una evaluación mediante un sistema de puntajes y una retroalimentación inmediata en el proceso enseñanza-aprendizaje, haciendo que el paracaidismo sea más seguro, en menor tiempo, más adaptable y efectivo. La empresa confía en la eficiencia del sistema de entrenamiento para el adiestramiento

de fuerzas especiales y paracaidistas militares para estar mejor preparados para la ejecución de misiones reales. (Bals,2023).

El modelo 3.0 abarca todas las fases del lanzamiento, y todos los niveles de usuarios, desde alumnos principiantes, hasta usuarios experimentados como lo son las fuerzas especiales, donde todas las funcionalidades del sistema fueron desarrolladas en colaboración con instructores y paracaidistas profesionales.

Con una amplia gama de características de entrenamiento, SOKOL 3.0 combina aprendizaje teórico con ejercicios prácticos, cubriendo todo el espectro operativo desde saltos HALO (alta altitud y apertura baja) y saltos HAHO (alta altitud – apertura alta) y HAAO HAHHO (alta altitud – apertura automática) hasta incluso se pueden entrenar saltos con oxígeno desde altitudes muy elevadas. Dado que la firma E.SIGMA tiene un profundo conocimiento de las necesidades de formación de los clientes militares, ofrecen un plan de estudio personalizado a cada uno. (Bals, 2023).

El modelo 3.0 está en servicio en muchas fuerzas armadas, en brigadas aerotransportadas y fuerzas especiales, en el marco regional la República Federativa del Brasil adquirió en el año 2022 este sistema.

Dentro de los principales beneficios que ofrece el modelo 3.0 se destacan el ahorro de tiempo y costos en el entrenamiento de paracaidistas de alta infiltración, además de mejorar el rendimiento de los usuarios, dentro de sus principales ventajas se destacan: (Bals,2023).

- Entrenamiento realista para principiantes en el paracaidismo de caída libre.
- Representación realista de conciencia del tiempo, espacio y distancia.
- Menos nivel de stress en comparación con el primer salto real.
- Mejora en la precisión del manejo de paracaídas.
- Entrenamiento más efectivo y económico en relación con métodos tradicionales.
- Entrenamiento de emergencias y mal funciones con un entorno realista.

- Aporta mayor seguridad a la actividad de paracaidismo.

El empleo del sistema contribuye a la reducción de los costos de entrenamiento en relación con los métodos tradicionales. Al ofrecer un entrenamiento de simulación en tierra se reducen las horas de vuelo de las aeronaves, combustible, costos del piloto y del mantenimiento de las aeronaves. (Bals, 2023).

El desarrollo del entrenamiento en un ambiente seguro reduce el riesgo de lesiones durante el entrenamiento, respecto del material al no emplear un paracaídas físico real de alto valor económico se reduce sustancialmente el costo de remplazo del equipo por desgaste.

Respecto de la variable tiempo el sistema reduce la frecuencia en el tiempo entre salto y salto que sucede en situaciones reales, dado que no depende de disponibilidad de aeronaves, plazas y condiciones climáticas, permitiendo entrenar más personas en menos tiempo. (Bals, 2023).

Los instructores pueden personalizar escenarios correspondientes a los distintos niveles de los paracaidistas, donde la extensa base de datos ofrece una variedad de terrenos diferentes que sirven como base para la planificación de todo tipo de misiones.

Durante el entrenamiento con este modelo, se podrá adoptar la posición de “caja” que es una posición básica para los saltos en caída libre, se podrán adquirir habilidades seguras y precisas de control del velamen, entrenar las mal funciones y procedimientos de emergencia, el manejo del velamen a través de distintos tipos de vientos y turbulencias que en un salto real no se puede entrenar, realizar procedimientos de rutina o de emergencia bajo condiciones climáticas adversas tanto de día o de noche, practicar el aterrizaje en zonas de lanzamientos deseadas o en terrenos desconocidos, integrar saltos grupales con saltadores reales o virtuales, realizar ejercicios de alto nivel de estrés, operar equipos de apoyos como GPS, altímetros audibles, ejecutar todo tipos de maniobras con velamen abierto, la última actualización del

modelo ofrece una simulación realista del viento y estimulación para la fase de caída libre, permite el entrenamiento con máscara de oxígeno. (Bals, 2023).

Una característica clave de este producto es la retroalimentación inmediata que proporciona al alumno, dado que todos los datos del ejercicio se registran y están disponibles para la revisión y evaluación del ejercicio. Un módulo de grabación incorporado registra todas las fases del lanzamiento, lo que permite a los instructores revisar y evaluar el progreso del aprendiz. El instructor dispone de gráficos generados automáticamente que ilustran las acciones más importantes del salto. (Bals, 2023).

Dentro de los distintos tipos de entrenamiento disponibles el modelo SOKOL 3.0 está diseñado para el entrenamiento y evaluación de todos los niveles de habilidad en las siguientes disciplinas: (Bals,2023).

- Paracaidismo de alta infiltración automatizado: en este tipo de entrenamiento se utiliza un arnés que permite al alumno identificar en el mismo las manoplas de comando, de dirección reduciendo el tiempo de asimilación para los saltos reales, pasar de una posición horizontal a una posición vertical para el control de su paracaídas, direccionar su paracaídas hasta llegar al punto de impacto deseado y un aterrizaje efectivo, adquiriendo la confianza necesaria para la ejecución de un salto real.
- Caída Libre: el paracaidista parte de la posición horizontal permitiendo practicar la posición “caja” básica para la caída libre, la tecnología de seguimiento inalámbrico responde al movimiento de las extremidades, asegurando que el usuario asuma y mantenga una posición estable durante el tiempo de caída libre. Esta práctica centrada en la seguridad no solo construye la confianza necesaria, sino que también permite replicar los movimientos esenciales para las maniobras en un salto real, una vez que el usuario ejecuta el procedimiento de apertura de su paracaídas principal cambia a una posición vertical practicando el procedimiento e identificando elementos a controlar

- durante la apertura, esto ayuda a acostumbrarse al movimiento y aumenta su conciencia situacional y confianza.
- Saltos en grupo con paracaidistas virtuales: Dado que el comportamiento errático de un individuo puede representar un riesgo grave para todo el grupo, los usuarios reciben instrucciones sobre cómo comportarse durante los saltos en grupo, con un enfoque en el entrenamiento en un entorno seguro. Este modelo ofrece la posibilidad de saltar con otros paracaidistas virtuales o reales. Permitiendo entrenar entre otras cosas la evasión de colisiones con otros paracaidistas. La última actualización permite participar en saltos grupales desde cualquier lugar, ahorrando tiempo al no reunir al personal.
 - Entrenamiento de procedimientos de emergencia: Para cumplir los requisitos básicos de seguridad, se enseña a los paracaidistas principiantes a lidiar con los peligros relacionados con el manejo del paracaídas, evitando árboles, líneas eléctricas, turbulencias y obstáculos. El aspecto más importante del entrenamiento de los procedimientos de emergencia es aprender a lidiar de manera efectiva con las emergencias de alta y de baja velocidad.
 - Saltos HALO / HAHO: En estos saltos característicos de fuerzas de operaciones especiales, el empleo de sistemas de oxígeno es esencial, ya que el paracaidista debe aprender a lidiar con el estrés durante el salto en cuanto a su técnica de respiración para alcanzar la altura segura de 13.000 pies con el oxígeno disponible en su sistema de oxigenación. Este entrenamiento se centra en las posibilidades de evitar la hipoxia y sus consecuencias mortales. La ansiedad puede aumentar el nivel de estrés y el consumo de oxígeno, con el simulador los usuarios pueden entrenar su técnica de respiración en un entorno seguro y por lo tanto reducir el nivel de estrés durante un salto HAHO real. Durante los saltos HALO podrá aumentar el nivel de estrés mediante la simulación de congelamiento de las gafas y turbulencias.

Cada unidad SOKOL 3.0 está equipada con una estación integrada para el instructor, esta se utiliza para la creación y supervisión de ejercicios durante el entrenamiento con fines de revisión. Una sola estación de instructor puede utilizarse para controlar y supervisar varios simuladores, permitiendo al instructor controlar la trayectoria de los paracaidistas, las zonas de aterrizaje de cada usuario para una posterior revisión de la acción. (Bals, 2023).

Ventajas del Empleo de Simuladores Virtuales en el Adiestramiento de las Tropas de Operaciones Especiales

El empleo de simuladores virtuales en la formación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales presenta las siguientes ventajas:

- **Realismo y seguridad:** Los simuladores ofrecen un entorno altamente realista y seguro para entrenar en situaciones complejas como los procedimientos de combate de las tropas de operaciones especiales y en las técnicas de alta infiltración. Esto permite a las TOE adquirir experiencia y desarrollar habilidades sin exponerse a riesgos reales.
- **Reducción de costos:** El empleo de simuladores virtuales puede ser más económico en comparación con el entrenamiento tradicional, reduciendo gastos en munición, armamento, horas de vuelo, mantenimiento de paracaídas entre otros gastos.
- **Personalización:** Los simuladores permiten la personalización de escenarios y niveles de dificultad, lo que se adapta a necesidades individuales de cada usuario, simulando situaciones complejas difíciles de recrear en un entorno real.
- **Retroalimentación inmediata:** Los simuladores registran y evalúan el desempeño de los usuarios en tiempo real, lo que brinda una retroalimentación valiosa para la mejora continua. Esto ayuda a corregir errores y desarrollar memoria muscular efectiva.
- **Entrenamiento en diversas condiciones:** Los simuladores permiten entrenar en una variedad de condiciones climáticas y situaciones adversas, lo que aumenta la versatilidad y preparación de las tropas para enfrentar escenarios reales.

- Ahorro de tiempo: La disponibilidad constante de los simuladores disminuye el tiempo entre práctica y práctica, permitiendo entrenar a más personas en menos tiempo, lo que acelera el proceso de adiestramiento.

Desventajas del Empleo de Simuladores Virtuales en el Adiestramiento de las Tropas de Operaciones Especiales

El empleo de simuladores virtuales en la formación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales presenta las siguientes desventajas:

- Limitaciones de la experiencia real: A pesar de su realismo, los simuladores no pueden replicar completamente las experiencias del mundo real, en término de sensaciones físicas y emocionales.
- Costo inicial: Los simuladores virtuales de alta calidad, pueden ser costosos de adquirir e implementar, lo que puede representar una inversión muy alta en relación con las necesidades operativas de la fuerza.
- Dependencia tecnológica: La efectividad de los simuladores depende de la tecnología y la infraestructura, lo que podría ser vulnerable en caso de fallas técnicas o ciberataques.
- Requisitos de espacio físico: Los simuladores requieren amplios espacios físicos para su instalación, lo que puede ser un desafío en áreas con limitaciones de espacio físico para las fuerzas que lo adquieran.

El empleo de simuladores virtuales en la formación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales ofrece ventajas significativas en términos de realismo, seguridad, reducción de costos y personalización. Sin embargo, no pueden remplazar por completo a la experiencia real, es decir que se debe lograr un justo equilibrio entre estos factores y las necesidades específicas en la formación y adiestramiento de las TOE.

Conclusiones Parciales

- La evolución de las simulaciones ha evolucionado favorablemente a lo largo de la historia, cada etapa ha tenido sus ventajas y desventajas en términos de realismo, la realidad virtual representa la última etapa de esta evolución que ofrece un entrenamiento altamente realista e inmersivo.
- La realidad aumentada y la realidad virtual han revolucionado la forma en que las fuerzas armadas de países de primer orden entrenan a sus tropas, integrando información virtual para la aplicación en situaciones reales que mejoren la toma de decisiones y la efectividad de los procedimientos de combate.
- La realidad virtual ofrece ventajas, como la de simular escenarios complejos para entrenar a las tropas sin el riesgo sobre el personal o equipo, la repetición de habilidades esenciales y la evaluación detallada de técnicas y procedimientos permite aumentar la eficiencia de las fracciones para un empleo en situación real.
- Las herramientas de simulación virtual reducen costos, tiempos y se presenta como una herramienta que optimice los procesos educativos y de adiestramiento operacional.
- La simulación virtual no reemplaza a las prácticas reales en condiciones reales, pero es un complemento necesario para aumentar la eficiencia individual y de las fracciones.
- La simulación virtual permite entrenar en escenarios complejos o riesgos que solo pueden recrearse en este ambiente virtual, para comprobar la eficacia en caso de ser estrictamente necesario una ejecución real, siendo un elemento de apoyo para la toma de decisiones de los comandantes.
- Las tecnologías de realidad virtual todavía no alcanzado su máximo potencial, se espera que en la próxima década la inmersión será totalmente realista e inmersiva.

Capítulo 3

Integración de las Herramientas de Simulación Virtual en la Formación y Adiestramiento de las Tropas de Operaciones Especiales y Paracaidistas de Alta Infiltración.

En el presente capítulo, abordaremos la integración de herramientas de simulación virtual en la formación y adiestramiento de tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración, para ello nos enfocaremos en el curso de comandos, de fuerzas especiales y el curso de alta infiltración, destacando sus características principales.

El Ejército Argentino (2021) estableció en el Anexo 05 (Subplan de Apoyo a la Educación) al Plan General de Educación del Ejército Año 2021-2026, respecto de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC), la necesidad de contar con nuevas tecnologías que permitan adquirir competencias y habilidades, en el desarrollo de la educación operacional que aseguren la eficiencia, incorporando la realidad aumentada como medio de instrucción y evaluación individual y de fracciones y la incorporación de distintos tipos de simuladores.

El propósito de este capítulo es analizar la estructura, los objetivos educativos, los perfiles de egreso y las competencias que los alumnos adquirirán durante el desarrollo de los cursos antes mencionados para integrar herramientas de simulación virtuales que potencien el aprendizaje.

Como principal bibliografía, el autor tuvo una entrevista profesional con el Coronel de Infantería Gonzalo Leguizamón, que posee una vasta experiencia en el campo, desempeñando roles importantes como jefe de curso de comandos, jefe de departamento educación y actual subdirector de la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Operaciones Especiales, además se tomará como base el proyecto educativo del instituto para los años 2018-2022.

A lo largo del capítulo, exploraremos como la integración de herramientas de simulación virtual en la formación y adiestramiento de las TOE y paracaidistas de alta infiltración pueden potenciar el proceso de enseñanza aprendizaje, que permitirá enfrentar de manera más efectiva los desafíos que se encontrarán en la ejecución de operaciones militares.

Finalizando el capítulo con conclusiones parciales sobre la integración de las herramientas virtuales en la formación y el adiestramiento de estas TOE, identificando cuáles herramientas de simulación virtual actuales pueden aplicarse para el mejoramiento de las capacidades necesarias a adquirir por los alumnos.

Formación de Comandos del Ejército Argentino

En la actualidad los Comandos y las Fuerzas Especiales, pertenecientes a la Agrupación de Fuerzas de Operaciones Especiales (AFOE), se forman en la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Operaciones Especiales “Capitán Héctor Cáceres” (Ec Tpa(s) Aerot y OE) dependiente de la Dirección de Educación Operacional.

La Ec Tpa Aerot y OE tiene como misión conducir y ejecutar las actividades relacionadas con los cursos de las aptitudes especiales de Paracaidista Militar, Asalto Aéreo y Comandos en el ámbito del Ejército Argentino, extensivo a otras Fuerzas Armadas y de seguridad del país y/o países amigos, para seleccionar, formar, capacitar, mantener, registrar y certificar sus antecedentes a fin de incrementar la capacidad operacional de la Fuerza. (Ejército Argentino, 2018).

El Curso Básico Conjunto de Formación de Comandos (CBCFC), constituye la única fuente de obtención de Comandos para el Ejército Argentino, los cuales cubrirán roles de combate de las menores fracciones de las organizaciones de la AFOE.

El CBCFC tiene la finalidad de seleccionar y formar al personal de cuadros para planificar, conducir y ejecutar acciones de comandos de nivel sección, en la profundidad del dispositivo enemigo. (Leguizamón, 2023).

El personal de cuadros egresados del CBCFC estará habilitado para desempeñar roles acordes a la jerarquía específica. Los oficiales egresados estarán habilitados para desempeñarse como jefe de escalón o como jefes de sección de comandos, los suboficiales egresados estarán habilitados para desempeñarse en los roles de encargado de sección de comandos, radio operadores, navegante o tirador explosivista.

El perfil de egreso deseado según el Ejército Argentino (2018), indica que el alumno egresado será competente para:

- Desarrollar voluntad de vencer, que le permita cumplir con todas las misiones que se le impongan.
- Afrontar situaciones simuladas de gran dificultad con equilibrio emocional.
- Planificar y conducir operaciones de comandos de nivel sección en los distintos ambientes geográficos particulares de la República Argentina.
- Obtener adecuadas resoluciones, mediante una sobresaliente capacidad de interpretar y evaluar la realidad en forma objetiva.
- Ejecutar acciones de comandos, integrando organizaciones específicas y/o conjuntas con otras tropas de operaciones especiales.
- Ejecutar Acciones de comandos en todos los ambientes geográficos particulares de la República Argentina.
- Ejecutar infiltraciones y exfiltraciones empleando todos los medios terrestres, aéreos u anfibios usados por las Fuerzas Armadas, aplicando las técnicas que le son propias con destrezas básicas.
- Ejecutar las condiciones de tiro individual con un elevado porcentaje de eficacia que garantice el cumplimiento de la misión.
- Operar con destrezas básicas el armamento y equipo individual de dotación de la fuerza.

- Dirigir los apoyos de fuego terrestres, aéreos y navales aplicando las técnicas básicas particulares.

Los objetivos educativos de enseñanza abarcarán los dominios cognoscitivo, psicomotriz y volitivo. (Ejército Argentino, 2018).

Los objetivos del dominio cognoscitivo buscarán proporcionar los conocimientos tácticos y técnicos inherentes a los roles de combate para integrar una sección de comandos, que aseguren una correcta ejecución de acciones de comandos en todos los ambientes geográficos. Además, los oficiales deberán desarrollar la capacidad de análisis y resolución para la planificación y conducción de operaciones de comandos de nivel sección. (Ejército Argentino, 2018).

Dentro del dominio psicomotriz el alumno deberá adquirir las destrezas, técnicas y procedimientos que le permitan combatir, desplazarse y sobrevivir en todos los ambientes geográficos.

Para el dominio volitivo, el alumno deberá ejecutar en forma progresiva situaciones de mayor exigencia física, psíquica y mental.

En la actualidad el CBCFC desarrolla una estructura basada en los módulos selección, formación y módulo final, donde el módulo selección tiene como objetivo seleccionar a los postulantes que reúnan los atributos o cualidades necesarias para afrontar el módulo formación, este módulo se compone de tres etapas, etapa educación a distancia, etapa nivelación y etapa admisión. (Ejército Argentino, 2018).

El módulo de formación proporcionará al cursante los conocimientos básicos técnicos y tácticos que el comando deba poseer indistintamente de su jerarquía o rol de combate, este módulo se compone de siete etapas, etapa paracaidismo, etapa básica, etapa montaña, etapa de búsqueda y rescate en combate, etapa de monte y etapa anfibia.

El módulo final busca evaluar en forma integral las competencias desarrolladas durante el módulo de formación, mediante la ejecución de una operación de comandos durante el ejercicio final, donde el alumno desarrollará todas las competencias adquiridas durante el desarrollo del curso.

Formación de Fuerzas Especiales del Ejército Argentino

El curso de Fuerzas Especiales (FFEE), dictado por la Ec Tpa Aerot y OE, constituye la única obtención de la capacitación especial de Fuerzas Especiales, la cual habilita a oficiales y suboficiales egresados para integrar los respectivos roles de combate de la Compañía de Fuerzas Especiales 601. (Ejército Argentino, 2018).

Leguizamón (2023) indico que para postularse al curso de FFEE, se debe contar con la aptitud especial de comandos, tanto en oficiales como en suboficiales, deben contar con experiencia de más de cinco años en la Aptitud Especial de Comandos, buscando un perfil, propio de un experto y con una alta maduración producto de la experiencia profesional.

El curso de FFEE tiene por finalidad, proporcionar los conocimientos, técnicas y destrezas propias de las fuerzas especiales para operar en áreas de conflicto de variada naturaleza o desastres naturales, enmarcadas por situaciones estratégicas de hostilidad. (Ejército Argentino, 2018).

Como particularidades del perfil psicológico de los integrantes de fuerzas especiales, se buscará desarrollar la capacidad creativa e innovadora para generar distintos tipos de resoluciones, buscando romper esquemas tradicionales aplicando soluciones innovadoras, además se buscará que el alumno desarrolle una capacidad de adaptación que le permita interpretar y manejarse en diversas situaciones, ajustando su comportamiento en base a un entorno particular, desarrollar habilidades sociales que le permitan vincularse y establecer relaciones positivas y recíprocas, facilitando la negociación y empatía. Mejorar las habilidades en las comunicaciones y desarrollar una tendencia introvertida que le permita mantener sus

sentimientos al margen, centrando su atención en las ideas más que en las personas. (Leguizamón, 2023).

El perfil de egreso deseado, (Ejército Argentino, 2018), indica que el alumno egresado será competente para:

- Conocer sobre teoría del empleo de Fuerzas Especiales, sus operaciones, características, aspectos legales, empleo doctrinario, diferencias con otras tropas de operaciones especiales.
- Aplicar técnicas básicas de negociación en el marco de las acciones propias de FFEE.
- Desarrollar el planeamiento de una campaña de comunicación social aplicada al combate.
- Ejecutar procedimientos de combate de FFEE.
- Ejecutar y conducir procedimientos y técnicas de combate en localidades y combate urbano restringido.
- Efectuar asesoramiento de procedimientos y técnicas de combate a un jefe de fuerza de resistencia local.

Los objetivos educativos de enseñanza del curso de FFEE abarcarán los dominios: cognoscitivo, psicomotriz y volitivo. (Ejército Argentino, 2018).

Los objetivos del dominio cognoscitivo buscarán desarrollar la capacidad de asesoramiento, análisis y resoluciones para el desarrollo del planeamiento y conducción de operaciones de FFEE y la coordinación de los apoyos para otras TOE.

Dentro del dominio psicomotriz los alumnos desarrollarán habilidades para adquirir las destrezas, técnicas y procedimientos que le permitan combatir, desplazarse y sobrevivir en todos los ambientes geográficos.

El desarrollo del dominio volitivo permitirá al alumno egresado conducir en forma progresiva situaciones de mayor exigencia física, psíquica y mental.

El curso FFEE tiene como estructura curricular tres etapas, etapa educación a distancia, etapa básica y etapa aplicativa. (Ejército Argentino, 2018).

En la etapa de educación a distancia se buscará nivelar los conocimientos que son necesarios para el desarrollo de la etapa básica.

En la etapa básica se proporcionarán los conocimientos sobre el marco teórico para el empleo de FFEE, potenciando las técnicas y procedimientos de las tropas comando, con ejercitaciones que permitan afianzar los conocimientos adquiridos.

En la etapa aplicativa, mediante un ejercicio de larga duración, se ejecutará en el marco de una operación de fuerzas de resistencia local, acciones educativas para lograr el desarrollo de las competencias deseadas en el perfil de egreso de los alumnos.

Formación de Paracaidistas de Alta Infiltración

El curso de alta infiltración tiene como finalidad proporcionar a los alumnos, los conocimientos y destrezas necesarios para efectuar lanzamientos de alta infiltración como integrante de una fracción de combate.

Se desarrolla en cuatro semanas, abarcando dentro de su estructura curricular distintas materias (Ejército Argentino, 2018), materializando en dos etapas diferenciadas:

- Etapa teórica práctica básica, que comprende instrucción teórica, ejercicios prácticos con ayudas de instrucción y ejercicios prácticos en el simulador de caída libre, donde esta herramienta resulta altamente efectiva para adquirir las destrezas para el dominio de la caída libre.
- Etapa teórica práctica avanzada y de lanzamientos, donde se desarrolla instrucción teórica de cálculos de lanzamiento y técnicas de infiltración de vuelo bajo velamen y lanzamientos de alta infiltración.

El perfil de egreso deseado, (Ejército Argentino, 2018), indica que el alumno egresado será competente para:

- Efectuar lanzamientos con paracaídas de alta infiltración, equipo individual y armamento desde alturas de hasta 15.000 pies sobre el nivel del suelo.
- Demostrar habilidad para dominar el cuerpo en caída libre, adoptando la posición estable cara a tierra, efectuar giros controlados y poder cambiar la trayectoria de manera voluntaria.
- Demostrar habilidad para el manejo del paracaídas de alta infiltración, con una precisión en el aterrizaje de 100 metros cuadrados.
- Conocer las distintas situaciones de emergencias que puedan presentarse en las distintas fases del lanzamiento.
- Ejecutar el acondicionamiento y plegado del paracaídas.

El curso de alta infiltración está diseñado con una estructura curricular integral que abarca una amplia gama de temas esenciales para preparar a los paracaidistas de alta infiltración. Las materias componentes del curso incluyen aspectos como la teoría del lanzamiento y la meteorología, que son cruciales para la planificación y ejecución de lanzamientos a gran altura. Además, se abordan temas relacionados con el equipamiento, accesorios e instrumental necesario para este tipo de actividad. La formación se enfoca fundamentalmente en los procedimientos durante la caída libre y los procedimientos de emergencia.

La materia denominada aparatos de paracaidismo y simulador de caída libre (túnel de viento) se destaca como una de las principales en el curso de alta infiltración, ya que proporciona a los estudiantes habilidades cruciales para llevar a cabo este tipo de infiltración aérea de manera segura y efectiva.

Un componente esencial de esta materia es la capacitación para afrontar las situaciones de emergencias, tanto de alta como de baja velocidad, donde los estudiantes adquieren

habilidades para abordar situaciones críticas y toma de decisiones rápidas, en caída libre o durante el vuelo bajo velamen.

Integración de Herramientas de Simulación Virtual en la Formación de Comandos y Fuerzas Especiales

En esta sección se integrarán las capacidades a ser adquiridas durante el desarrollo del CBCFC y del curso de FFEE, con modelos o tipos de simuladores disponibles en el mercado actual.

Para desarrollar la capacidad de afrontar situaciones simuladas de gran dificultad con equilibrio emocional, de aplicación en ambos cursos dado que la formación de estas tropas es conocida por su rigurosidad y la necesidad de mantener la calma bajo presión ante situaciones complejas, existen herramientas de simulación virtual que permiten recrear escenarios inmersivos de situaciones de combate. Un modelo disponible para potenciar esta capacidad, podría ser el modelo desarrollado en el capítulo 2 de esta investigación “*Simulación del Guerrero de infantería (IWARS)*”, que recrea el combate cercano, de nivel individual y grupal, este simulador, podría ser empleado durante la etapa de admisión al CBCFC para evaluar al alumno respecto de su accionar ante situaciones complejas. Que evalúen las respuestas del cursante ante situaciones críticas de combate que lo lleven a escenarios simulados complejos en donde pueda evaluarse su proceso decisorio en espacios temporales reducidos y de extrema presión y la consecuente impartición de órdenes y acciones individuales.

Durante la etapa paracaidismo del CBCFC, se podrán emplear simuladores de paracaidismo para la adaptación al manejo de paracaídas automático. Los simuladores desarrollados en el capítulo 2 presentan dentro de su software la posibilidad de seleccionar dentro de su base de datos paracaídas automáticos.

Dentro de la etapa básica, específicamente en la materia tiro para operaciones especiales se buscará adquirir la capacidad de ejecutar condiciones de tiro individual con un elevado

porcentaje de eficacia que garantice el cumplimiento de la misión. Los simuladores de realidad virtual permiten a los alumnos familiarizarse con el armamento individual, al tratarse de un entorno altamente controlado y seguro, los alumnos adquieren confianza en su capacidad para manejar y emplear su arma de manera efectiva, lo cual permite practicar sin el temor a consecuencias graves en caso de errores.

Los simuladores pueden recrear escenarios de tiro de precisión, o de disparo sobre blancos en movimientos y situaciones tácticas realistas que permita a los alumnos mejorar la puntería, precisión y control del armamento en una variedad de situaciones. Realizar esto en una situación real actualmente tiene un elevado costo o no representan de manera real las situaciones de combate.

Referido al combate urbano restringido, una actividad específica de los comandos, donde el peligro potencial en el entrenamiento es alto, al tratarse de maniobras de equipos en espacios confinados, el empleo de simuladores otorga una ventaja en la recreación de escenarios realistas inmersivos.

Asimismo, relacionado con el tiro de armamento de difícil adquisición o de costos elevados como son los misiles antitanques, misiles antiaéreos y municiones merodeadoras, la simulación virtual permite no cortar la cadena de conocimientos en una buena relación costo beneficio.

Además, el empleo de simuladores de realidad virtual en la materia de tiro para operaciones especiales proporcionará una retroalimentación inmediata sobre el desempeño del tiro, permitiendo así identificar en cada alumno áreas a mejorar en la instrucción antes de pasar al tiro con munición real que implica costos más elevados.

Otra materia dentro de la etapa básica del CBCFC en la cual se podrían integrar de manera efectiva los simuladores de realidad virtual, es la de dirección de apoyo de fuego, que

busca desarrollar la capacidad de dirigir los apoyos de fuego terrestre, aéreos y navales aplicando las técnicas básicas particulares.

Con el empleo de herramientas de simulación virtual, los alumnos podrán aprender a coordinar y dirigir el apoyo de fuego desde una perspectiva multidimensional, donde además de desarrollar la conducción de los fuegos pondrán en práctica procedimientos de comunicaciones en la transmisión con pilotos de combate de aeronaves de apoyo de fuego aéreo cercano o unidades de superficie en apoyo de fuego naval.

La conducción de los fuegos de apoyo en la actualidad es una falencia en la instrucción debido al alto costo de la munición de artillería, fuego aéreo o naval, por lo cual este tipo de herramientas de simulación virtual se convierten en una opción económica para la instrucción y adiestramiento.

Respecto de la capacidad de ejecutar acciones de comandos, integrando organizaciones específicas y/o conjuntas con otras tropas de operaciones especiales, en la actualidad no se han desarrollado aún de manera efectiva las tecnologías que representen de manera integral o total para el desarrollo de esta capacidad, actualmente lo más próximo en el mercado, es el modelo desarrollado en el capítulo 2, denominado sistema de entrenamiento para el soldado desmontado, que permite la integración colectiva de hasta 9 operadores, que recrea escenarios de entrenamiento, donde se podría adaptar los ambientes geográficos particulares y operaciones en ambiente urbano.

Integración de Herramientas de Simulación Virtual en la Formación de Paracaidistas de Alta Infiltración

Los simuladores de paracaidismo de alta infiltración, al tener un diseño específico particularizado en el paracaidismo de caída libre, se destacan por su potencial para ser integrados en la formación de paracaidistas de alta infiltración, proporcionando un nivel de

detalle, realismo e inmersión sin precedentes, adaptándose a las necesidades particulares de aquellos que realizan lanzamientos con paracaídas de alta infiltración.

Los modelos desarrollados en el capítulo 2, permiten su integración total durante las etapas teórico prácticas básicas y avanzadas, especialmente dentro de la materia aparatos de paracaidismo y simulador de caída libre, dado que el empleo de estos se realizará durante todo el proceso de enseñanza aprendizaje, pudiéndose elevar los niveles de dificultad, abarcando todas las fases del lanzamiento.

Antes de la ejecución de lanzamientos, estos modelos permitirán a los alumnos familiarizarse con la posición del cuerpo en caída libre, que junto con el túnel de viento permitirán adquirir la capacidad necesaria de demostrar habilidad para dominar la posición del cuerpo, en una posición estable, efectuar giros controlados y poder cambiar la trayectoria, en un entorno controlado que permitirá reducir los niveles de estrés al momento de realizar un salto real, prepara al alumno en lo técnico y desarrolla en ellos confianza para afrontar los lanzamientos

El curso de alta infiltración en su fase de lanzamientos contempla la ejecución de 21 saltos desde distintas alturas, con distintos objetivos en caída libre, donde las evaluaciones parciales de cada salto permiten pasar al siguiente nivel, aumentando los niveles de complejidad en progresión. (Ejército Argentino, 2018).

En la actualidad, bajo las serias limitaciones presupuestarias materializadas con escasas horas de vuelo, dificulta que los alumnos completen los saltos estipulados, es allí donde las herramientas de simulación virtual surgen como una oportunidad para optimizar el proceso educativo, buscando elevar el nivel de eficiencia en la instrucción, permitiendo alcanzar los niveles estipulados en menor cantidad de saltos reales, optimizando las escasas horas de vuelo en base a un minucioso análisis del desempeño de los alumnos en el simulador virtual.

Asociado a la capacidad de demostrar habilidad para el manejo del paracaídas de alta infiltración con una precisión de 100 metros cuadrados para el aterrizaje, sin la posibilidad de ejecutar los 21 saltos previstos debido de las limitaciones presupuestarias, los simuladores permiten al alumno optimizar la experiencia de cada salto real, practicando antes y después del lanzamiento, un manejo de su paracaídas, bajo los parámetros simulados de la meteorología del día del lanzamiento aumentando la experiencia en manejo de los paracaídas tácticos.

Los simuladores de realidad virtual demuestran su mayor potencial en la práctica de procedimientos de emergencias, integrándose a la materia de emergencias, dado que esta es una materia esencial y una faceta crítica en los lanzamientos de alta infiltración. En los saltos reales, la ejecución de procedimientos de emergencia solo se realiza en casos reales, ya que no se pueden ejecutar de una manera controlada, sin embargo en un simulador de realidad virtual, los alumnos pueden enfrentar y entrenarse en una variedad de situaciones de emergencias, planteadas por el instructor, lo que permitirá identificar, reconocer y actuar de manera efectiva, con una retroalimentación inmediata esencial para la educación, ya que los instructores pueden evaluar el desempeño del alumno en tiempo real y brindar una orientación específica para corregir errores y reforzar las acciones correctas.

La práctica permite adquirir confianza en las habilidades y perfeccionar respuestas ante situaciones críticas, tomar decisiones en caída libre de manera rápida y efectiva, lo que es esencial para su seguridad y la ejecución exitosa de lanzamientos de alta infiltración.

Conclusiones Parciales

- Los simuladores de realidad virtual se han revelado como una herramienta altamente efectiva en la formación de tropas de operaciones especiales, en lo relacionado al entrenamiento de acciones específicas como el tiro, el paracaidismo de alta infiltración y la conducción de fuegos de apoyo.

- Permite reducir costos, que el entrenamiento en condiciones reales requiere el empleo de grandes cantidades de munición, horas de vuelo, instalaciones, que bajo las limitaciones presupuestarias actuales se encuentran dificultadas para su ejecución en cantidad y calidad que asegure un alto estándar educativo.
- Las tecnologías actuales, no han alcanzado el grado de realismo e inmersión suficientes para acciones más globales como acciones a gran nivel o con la representación real para los movimientos y traspaso de obstáculos.
- La simulación virtual no reemplaza a las prácticas en condiciones reales, pero es un complemento necesario para aumentar la eficiencia individual y de las fracciones.
- El empleo de herramientas de simulación virtual no queda acotado solamente a la formación de las TOE y paracaidistas de alta infiltración, estos pueden ser empleados por la fuerza operativa para el adiestramiento individual de sus fracciones.

Conclusiones

Conclusiones Finales

A lo largo de esta investigación, se ha explorado cómo las operaciones de configuración son cruciales en la concepción de las operaciones militares, ya que establecen las condiciones necesarias para el éxito en el cumplimiento de la misión.

Se ha observado que las tropas de operaciones especiales, debido a su alto nivel de adiestramiento y capacidad para operar en entornos complejos, desempeñan un papel central en la ejecución de operaciones de configuración. Sin embargo, también se ha reconocido los desafíos asociados con el adiestramiento de estas fuerzas, incluidos los altos costos y el tiempo necesario para la formación del alto nivel requerido.

En el ámbito de la formación militar, se ha explorado cómo la evolución de las simulaciones militares, particularmente la realidad virtual, ha revolucionado la forma en que las fuerzas armadas de países de primer orden entrenan a sus tropas. Estas tecnologías ofrecen ventajas significativas, como la simulación de escenarios complejos sin riesgos para el personal o equipo, la repetición detallada de habilidades esenciales y la evaluación de técnicas y procedimientos.

Además, la herramienta de simulación virtual reduce costos y tiempos, optimizando los procesos educativos y de adiestramiento operacional.

En este contexto, es crucial destacar que las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración, debido a su alto nivel operacional, requieren un adiestramiento excepcionalmente riguroso y realista. Sin embargo, este tipo de formación es costoso y requiere mucho tiempo. Aquí es donde las herramientas de simulación virtual se presentan como una oportunidad para optimizar el adiestramiento, reducir costos y, al mismo tiempo garantizar o incluso aumentar la eficiencia necesaria.

Estas tecnologías permiten entrenar en escenarios complejos o de alto riesgo que solo pueden recrearse en un ambiente virtual, lo que es esencial para comprobar la eficacia de las organizaciones.

Si bien no reemplazan a las prácticas en condiciones reales, las simulaciones virtuales complementan el entrenamiento y mejoran la eficiencia tanto a nivel individual como de los conjuntos.

En el contexto de las Fuerzas Armadas Argentinas, es importante reconocer que la integración de simuladores virtuales en la formación de nuestras tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración representa una oportunidad valiosa para mejorar la preparación de nuestras fuerzas bajo las limitaciones presupuestarias actuales.

Aporte Profesional del Autor

Esta investigación ofrece la base para implementar cambios significativos y mejoras en la preparación y adiestramiento de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración, para actuar en el desarrollo de las operaciones de configuración.

En el marco de un mundo caracterizado por desafíos operacionales cada vez más complejos y con restricciones presupuestarias que imponen la máxima eficiencia en el empleo de los escasos recursos, se debe asegurar el mantener en alto nivel operativo de las tropas.

En primer lugar, queda claro que las operaciones de configuración son un componente vital en la planificación y ejecución de las operaciones, donde las TOE desempeñan un papel central en la ejecución de estas operaciones, debido a su alto nivel de adiestramiento y capacidad para operar en entornos complejos.

En este sentido, es esencial mantener y mejorar constantemente su nivel de competencia, incluso bajo un contexto de restricciones presupuestarias, es aquí donde la innovación y búsqueda de otros enfoques eficientes son cruciales.

En cuanto a la evolución de las simulaciones virtuales dentro del área militar, los beneficios son innegables. Estas tecnologías permiten un entrenamiento realista y detallado, que es esencial para garantizar que las tropas estén preparadas para enfrentar escenarios operativos desafiantes.

Sin embargo, es necesario destacar que la implementación exitosa de simuladores de realidad virtual requiere una inversión inicial significativa en infraestructura y en tecnología. Los decisores, deben considerar la importancia de este gasto como una inversión a largo plazo en la preparación y eficacia de la fuerza. Además, es fundamental que se establezcan estándares de calidad y de utilización de estas tecnologías para garantizar que se aprovechen al máximo y se integren de manera efectiva en los programas de formación actuales.

En el contexto de las Fuerzas Armadas Argentinas, la integración de simuladores virtuales en la formación de las tropas de operaciones especiales y paracaidistas de alta infiltración representa una oportunidad para mantener la eficacia operativa en un entorno presupuestario desafiante.

Se sugiere la creación de un plan integral de adquisición de simuladores de realidad virtual, que abarque la inversión en tecnología de simulación, la formación de instructores especializados y un sistema de evaluación que mida la eficacia y eficiencia de estas tecnologías en la mejora de las habilidades de las fuerzas especiales.

Este estudio puede orientar a la toma de decisiones estratégicas sobre la adquisición de sistemas de realidad virtual para la formación y adiestramiento de las TOE.

Referencias

- Ajey Lele (2011). *Virtual reality and its military utility*. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing.
- Bals, Roland. (2023,septiembre, 13). SOKOL System 3.0 [correo electrónico]. rbals@esigma-systems.com
- Baumann, J. (s.f). *Militar applications of virtual reality*. Recuperado de https://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/virtual-worlds/EVE/II.G.Military.html
- Bimber, O & Raskar & Inami, M. (2005). *Spatial augmented reality*.
- Caudell, T & Mizzell, D. (1992). *Augmented reality: An aplication of heads-up display technology to manual manufacturing process*
- Center for Army Lessons (2019). *Army Operational Framework Organizing the force for Battlefield Succes*.
- Combat Simulation Lab (s.f). *Academia Militar de West Point*. Recuperado de <https://www.westpoint.edu/academics/academic-departments/systems-engineering/combat-simulation-lab#:~:text=Trainers%20and%20leaders%20use%20VBS2,iincluding%20U.S.%20Army%20PEO%20STRI>.
- Defense, B. (2019). *Virtual training will save real Army lives: Close Combat Task Force*. *Breaking Defense*. Recuperado de <https://breakingdefense.com/2018/09/virtual-training-will-save-real-army-lives-close-combat-task-force/>
- Departamento de Defensa de los Estados Unidos (2011). *Unified Land Operations*
- Ejército Argentino (2015). *Conducción para las Fuerzas Terrestres (ROB-00-01)*
- Ejército Argentino (2015). *Conducción para las Fuerzas Terrestres (ROB-00-01)*. Cap III , pp

Ejército Argentino (2015). *Conducción para las Fuerzas Terrestres (ROB-00-01). Cap VII Operaciones Complementarias.*

Ejército Argentino (2015). *Conducción para las Fuerzas Terrestres (ROB-00-01). Cap XII , pp 01.*

Ejército Argentino (2017), *Fuerza de Despliegue Rápido (ROB 80-01) p.12*

Ejército Argentino (2018), *Proyecto Educativo de la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Operaciones Especiales 2018-2022.*

Ejército Argentino (2018), *Anexo 08, Proyecto Educativo de la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Operaciones Especiales 2018-2022.*

Ejército Argentino (2018), *Anexo 13, Proyecto Educativo de la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Operaciones Especiales 2018-2022.*

Ejército Argentino (2018), *Anexo 15, Proyecto Educativo de la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Operaciones Especiales 2018-2022.*

Ejército Argentino (2019). *Alta Infiltración (ROP-60-02)*

Ejército Argentino (2020), *Anexo 01, Misiones tácticas de adiestramiento a la directiva de educación operacional del comandante de adiestramiento y alistamiento del Ejército – Año 2021/2023.*

Ejército Argentino (2021), *Anexo 05, Subplan de Apoyo a la Educación – Al plan general de educación del Ejército Años 2021-2026,*

Estado Mayor Conjunto (2022). *Conducción de Operaciones Especiales Conjuntas (PC-13-08) (Proyecto)*

Gandhi, D & Patel, D. (2018). *Virtual Reality – Opportunities and Challenges*

Guglielmone, J. (2016). *Los sistemas de simulación: otra forma de entrenar para el combate.*

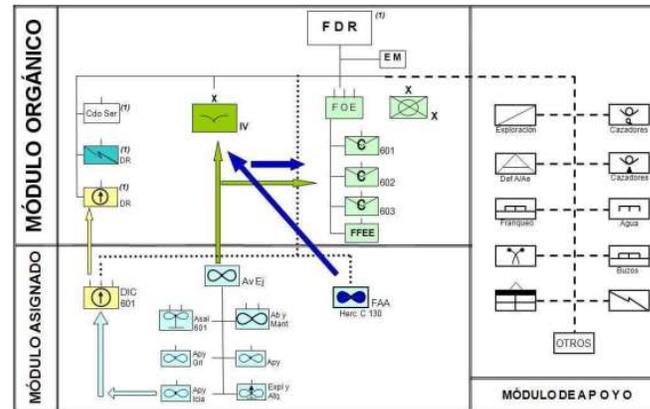
Revista TEC 1000, pp. 100

- Lascink, Russ. (2023, abril, 19). PARASIM Chilean Technical Offer – AR army war college project [correo electronico]. rlascink@systemstech.com
- Leguizamón, Gonzalo. (11 de septiembre de 2023). Entrevista profesional
- Merkni, M & Lemieux, A. (2014). *Augmented reality: Application Challenges and future trends. Applied computational science, 20, 205-214*
- Mirto, T. (2019). *Army Operational Framework, Organizing the Force for battlefield Success.*
- Moore, D. (1999). *Decisive, shaping, sustaing operation: An operational organization for the contemporary misión enviroment.*
- Mossel, A., Peer, A., Goellner, J., & Kaufmann, H. (2017). "Requirements Analysis on a Virtual Reality Training System for CBRN Crisis Preparedness." En Proceedings of the 59th Annual Meeting of the ISSS - 2015 Berlin, Germany (Vol. 1, No. 1). Recuperado de <https://journals.issss.org/index.php/proceedings59th/article/view/2486>
- RTO-OTAN (2003). *Virtual Research and Application in Member Countries.*
- Sede del Departamento del Ejército (2009). *Infantry and Weapons Company Guide to Training Aids, Devices, Simulators, and Similations (TC-7-21.10)*
- SOKOL-SIM (2022, marzo 28). Recuperado de <https://www.sokol-sim.com/>
- United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences (2015). *Training Capability Data fir Dismounted Soldier Training System.*
- Xinxiong, L. (2018). *Virtual Reality and its Application in Military.*

Figuras

Figura 1

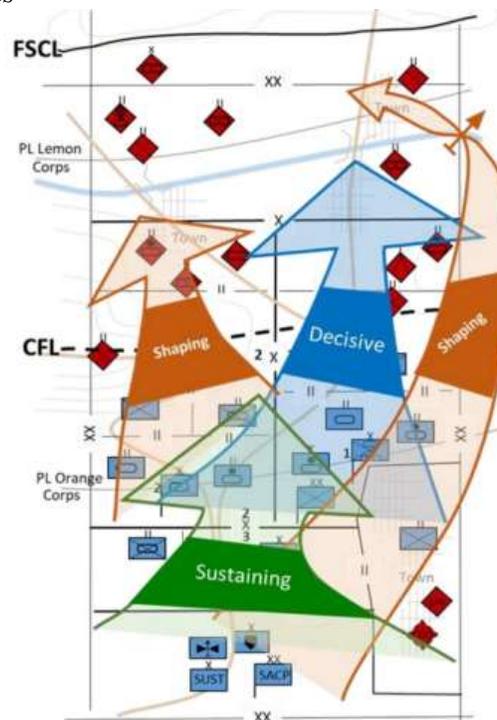
Organización de la Fuerza de Despliegue Rápido.



Nota. Tomado del reglamento, Fuerza de Despliegue Rápido (ROB 80-01) p.12, Ejército Argentino, 2017.

Figura 2

Marco de las Operaciones



Nota. Tomado del artículo, Army Operational Framework Organizing the force for Battlefield Success, Center for Army Lessons Learned, 2019.

Figura 3

Simulador FRASCA para entrenamiento de vuelo.



Nota. Tomado del artículo, Virtual Reality and its Application in Military, p.4, Xinxiong, L, 2018.

Figura 4

Sistema de entrenamiento para soldado desmontado del Ejército de los Estados Unidos de América.



Nota. Tomado del artículo, Virtual training Will save real Army Lives: Close Combat Task Force. Breaking Defense. <https://breakingdefense.com/2018/09/virtual-training-will-save-real-army-lives-close-combat-task-force/> , 2018.

Figura 5

Sistema de entrenamiento para el soldado desmontado.



Nota. Tomado del artículo, Requirements Analysis on a Virtual Reality Training System for CBRN Crisis Preparedness, p.9, Mossel, A, Peer, A, Goellner, J, & Kaufmann, H, 2017.

Figura 6

Modelo PARASIM P3000 para entrenamiento en caída libre.



Nota. Tomado del documento, PARASIM Chilean Technical Offer, p.6, 2021.