



Facultad del Ejército
Escuela Superior de Guerra
"Tte Gr1 Luis María Campos"



TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Título: "La simulación como herramienta para el fortalecimiento de la capacidad operativa de la Artillería Antiaérea"

Que para acceder al título de Especialista en Conducción Superior de OOMMTT presenta la Mayor Carla Rocío del Valle LÓPEZ.

Director de TFI: Mayor Sebastián CHANIQUE

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, de marzo de 2023.

Resumen

La evolución tecnológica ha propiciado varias transformaciones, principalmente en el área de la educación, ya sea en los procesos de formación como de adiestramiento. La incorporación de sistemas de simulación, constituye una herramienta válida que complementa, sin sustituir la realidad, a las actividades de instrucción, adiestramiento y certificación, facilitando el logro de los estándares requeridos para el desempeño del personal en las funciones que por su rol le son propias.

El empleo de la simulación de combate en el escenario mundial actual se ha convertido en una realidad, resultando un instrumento fundamental y útil para fortalecer las capacidades de las fuerzas militares, particularmente, en lo que respecta a la temática a tratar en el ámbito de la artillería antiaérea, la cual requiere de procedimientos técnicos complejos, propios de los sistemas de armas que se emplean, y de los procesos de coordinación e integración entre los distintos sistemas tanto en el ámbito específico como conjunto.

A partir de esta afirmación, el presente trabajo busca describir, en primer lugar, los distintos tipos de simulación aplicados al adiestramiento del sistema de artillería antiaérea. Posteriormente, analizar el marco regional y nacional, a fin de obtener una visión comparativa respecto de los sistemas de simulación existentes en el ámbito mencionado. Finalmente, conceptualizar las características de un sistema de simulación para la capacitación y el adiestramiento del personal en la operación del principal sistema de armas antiaéreo que posee el Ejército Argentino, el Cañón de 35 mm OERLIKON CONTRAVES, a fin de fortalecer una capacidad operativa que, por su especificidad, tecnicismos y los elevados costos de operación, se encuentra limitada.

Palabras clave: Ejército Argentino, artillería antiaérea, simulación.

Índice de Contenidos

Contenidos	Página
Introducción	1
<i>Antecedentes y justificación del problema</i>	1
<i>Formulación del problema</i>	7
<i>Objetivos</i>	7
<i>Metodología empleada</i>	8
Capítulo I Las tecnologías de simulación para el adiestramiento en el ámbito de la artillería antiaérea	9
<i>Sección I La simulación en el ámbito militar: una aproximación a sus orígenes y concepto</i>	9
<i>Sección II La simulación militar: características, clasificación y ventajas de su empleo.....</i>	15
<i>Sección III La simulación militar y su empleo por parte de la artillería antiaérea</i>	22
<i>Sección IV Conclusiones Parciales</i>	27
Capítulo II La simulación aplicada en los sistemas de armas antiaéreos en el Marco Regional y Nacional	30
<i>Sección I Empleo de tecnologías de simulación en los sistemas de armas antiaéreos en el Marco Regional</i>	30
<i>Sección II Antecedentes y situación actual de la simulación en el marco nacional ...</i>	38
<i>Sección III Conclusiones parciales</i>	43
Capítulo III Consideraciones para la implementación de un sistema de simulación para el adiestramiento del sistema de armas Cñ 35 mm OERLIKON CONTRAVES	46
<i>Sección I Miramientos para la adquisición de un sistema de simulación</i>	46

<i>Sección II Consideraciones para el diseño conceptual de un sistema de simulación para el sistema de armas de defensa antiaérea 35 mm</i>	49
<i>Sección III Conclusiones parciales</i>	54
Conclusiones Finales	56
Referencias	63

Introducción

Desde los comienzos de la historia de la humanidad y el de los conflictos armados, los juegos de simulación se han empleado en variados escenarios y por diversos ejércitos como herramienta de enseñanza y conocimiento, ya que se proyecta la retroalimentación inmediata, hoy llamada lecciones aprendidas, para planear y desarrollar operaciones militares sin severas consecuencias.

En tal sentido, se puede tomar como ejemplo los juegos de guerra creados y empleados por el ejército espartano, los que se dilucidaban como una de las alternativas más viables a utilizar dado que, a través de ellos, además de lograr evitar accidentes mortales en las prácticas y estrategias a utilizar en la guerra, se establecía una retroalimentación inmediata frente al error cometido, con lo cual se lograba desarrollar de manera eficaz la competencia del saber-hacer. (Garay Acevedo, 2012)

La evolución del mundo hacia la era digital ha proporcionado varias transformaciones en las áreas de la educación, principalmente como consecuencia de la inserción de modernas tecnologías, las que generan nuevos conocimientos a partir de proveer mejores técnicas de aprendizaje, asimilación y adiestramiento, a la vez que suponen de una elevada preparación y constante actualización, tanto de los sistemas como de los conocimientos por parte del personal que la emplea y conduce.

Estas tecnologías digitales, aplicadas tanto a procesos de aprendizaje como de adiestramiento, se materializan en los sistemas de simulación, constituyendo, en la actualidad, un factor fundamental, visible y viable, para el logro de los estándares requeridos para el desempeño del personal en las funciones que le son propias, de acuerdo a su especialidad. En concordancia con ello, el empleo de estos sistemas en pos de un eficaz y eficiente aprendizaje se implementa en el mundo como un elemento didáctico, reduciendo costos y, a su vez, mejorando las habilidades y los resultados de los educandos frente a la enseñanza tradicional, permitiendo un mejor

seguimiento y evaluación por parte de los educadores.

El Sistema Educativo del Ejército (SEE) contempla dentro del tipo de educación no formal acciones educativas esenciales como la instrucción y el adiestramiento. A través de las cuales proporcionan al individuo la capacitación necesaria para su eficiente desempeño en el adiestramiento operacional, tanto en el marco específico, como en el conjunto, y eventualmente, en el ámbito combinado.

El adiestramiento operacional constituye la acción educativa más importante de la educación operacional, por cuanto será la forma en que la fuerza se preparará para cumplir con las misiones que se le asignen como instrumento militar terrestre. (Ejército Argentino, 2020)

Factores como la progresiva evolución de los sistemas de armas y los elevados valores para su desarrollo y empleo, las limitaciones impuestas para la adquisición o desarrollo de capacidades militares, el impacto medioambiental, la reducción de campos de tiro e instrucción, el incremento en la profesionalización de las fuerzas armadas, junto con la necesidad de actuación en ambientes cada vez más complejos, cambiantes y demandantes, han exigido una mayor adaptación de las fuerzas armadas a una nueva situación, a fin de alcanzar un adecuado nivel de adiestramiento con eficiencia y al menor costo posible. Es por ello que, para alcanzar niveles acordes de operatividad, la tendencia mundial orienta, en gran parte, al empleo de distintas herramientas tecnológicas, con la finalidad de ayudar al adiestramiento, la toma de decisiones, la elaboración y comprobación de doctrina, así como también para la preparación y evaluación de los elementos frente a situaciones propias del combate, para extraer nuevos conocimientos.

El uso de la simulación de combate en el escenario mundial actual se ha convertido en una realidad, siendo una herramienta fundamental y muy útil para desarrollar el adiestramiento de fuerzas militares, facilitando el entrenamiento individual y colectivo, permitiendo planear, ejecutar y analizar un amplio espectro de operaciones militares de distinto nivel, sin la necesidad de efectuar un despliegue real, pero con un grado de verosimilitud que roza la realidad,

con el fin último de optimizar y mejorar la formación, alcanzando los niveles de adiestramiento requeridos para la ejecución de acciones de mayor complejidad, y la toma de decisiones de los niveles operativos considerados (Llamas, 2018).

En este contexto, en el ámbito específico, a la luz de la educación militar, la doctrina en vigencia contempla el empleo de estas tecnologías aplicadas a través de sistemas de simulación, considerados medios auxiliares para la educación (MAPE) (Ejército Argentino, 2020). En líneas generales define la simulación militar como una representación de un sistema real o de un conjunto de situaciones por medios informáticos y de telecomunicaciones, que permiten instruir, adiestrar y evaluar tanto a individuos, tripulaciones y hasta unidades, con un coste inferior, en tiempo y dinero, con un rendimiento superior, y con hasta parecida eficacia a la que se obtendría con la ejecución de todas las actividades asociadas a la instrucción y adiestramiento en el campo real. Básicamente, estos sistemas comprenden un conjunto de componentes tecnológicos, físicos y mecánicos tendientes a reproducir condiciones reales en un ámbito controlado, mediante el empleo de tecnología computacional, las que hacen posible imitar o simular aspectos de la realidad, para trabajar en un entorno y condiciones que se asemejan a lo real, creado o acondicionado artificialmente, pero con variables controladas. (Ejército Argentino, 2020). En el Ejército Argentino los simuladores están principalmente destinados a reproducir los sistemas de armas y sistemas de comando y control, reproduciendo las mismas condiciones que en su empleo real.

Bajo este argumento, debe prevalecer la premisa de que estas tecnologías aplicadas no sustituyen a la realidad, es decir: al entrenamiento, tiro con munición real, en el terreno y con el material. Estos sistemas no deben ser considerados como un fin en sí mismos, sino como un elemento más en los procesos de instrucción y de adiestramiento, que complementa a los ejercicios con fuerzas y medios reales sobre el terreno.

En tal sentido, estos sistemas constituyen la base fundamental para una adecuada preparación para el combate, facilitando la perfección en la práctica de aspectos doctrinarios, técnicas, tácticas y procedimientos específicos, proporcionando elementos de juicio para la evaluación y análisis de situaciones ocurridas para la obtención de lecciones aprendidas, a partir de: la posibilidad de errar o de acertar en la toma de decisiones o en los procedimientos técnicos; o de la falta de reacción idónea ante una situación de peligro, y que de cuya consecuencia directa pueda, entre otras posibilidades, acarrear la pérdida de vidas humanas y de material bélico. (Albornoz, 2019)

En lo que específicamente se relaciona con la defensa antiaérea, punto focal de este trabajo es necesario, en primer lugar, considerar la importancia de ésta como parte de la función de combate de protección, la cual ha ido evolucionando a partir de la Primera Guerra Mundial con la introducción en el campo de batalla del vector aéreo como arma, hecho a partir del cual inició una constante evolución tecnológica, tanto del medio como del arma, alcanzando en la actualidad una intensificación selectiva en su empleo, dado el aumento exponencial tanto en su variedad como de sus capacidades, particularmente en lo que a operaciones aire-superficie se refiere, pudiendo realizar ataques precisos sobre fuerzas y/u objetivos estratégicos en la profundidad de un dispositivo o territorio, con vistas a la obtención de la decisión en el campo de batalla o como una seria amenaza a la soberanía e integridad nacional respectivamente (Zaracho, 2022). En contrapartida a su accionar, es que cobran vital importancia los fuegos superficie – aire, relacionados con la artillería antiaérea, los que mediante su empleo buscarán reducir o anular los efectos y/o las acciones aéreas enemigas, protegiendo a la fuerza y a activos de interés contra el ataque aéreo y de misiles enemigos. (Ejército Argentino, 2001)

En los modernos escenarios, la lucha por la superioridad aeroespacial se da desde la primera fase de la batalla, en la que, tanto los medios aéreos como los de defensa antiaérea accionan uno por sobre el otro en búsqueda de cierto grado de control aeroespacial favorable,

la cual proporcione, a quien prevalezca, la libertad de acción necesaria para la ejecución de las operaciones terrestres (Ejército Argentino, 2001). Todo ello ha contribuido a que la relevancia de la artillería antiaérea permanezca perenne, fundamentado esto en su accionar tanto durante la paz como durante un conflicto.

Es en este punto donde la artillería antiaérea encuentra el origen y fundamento de su misión: accionar sobre la amenaza aérea, desde las mayores distancias posibles para prevenir, anular, interferir o reducir los ataques de los medios aéreos enemigos en vuelo, a fin de proteger los objetivos materiales, el despliegue de los medios de la Fuerza Ejército, y contribuir al logro y mantenimiento de la superioridad aérea, atenuando los efectos de una situación aérea desfavorable (Ejército Argentino, 2001).

Es en el cumplimiento acabado de su misión, donde se puede observar una manifiesta complejidad, tanto en lo operacional como lo estrictamente técnico. El empleo de los medios antiaéreos requiere de procedimientos técnicos propios de los sistemas de armas como de procesos de coordinación e integración entre los distintos sistemas, unidades y fuerzas. Accionar sobre un vector aéreo implica una serie de procedimientos, los que se ejecutan en un mínimo de tiempo, el cual resulta proporcional a la velocidad del vector aéreo en aproximación a su blanco. Será cuestión de segundos, una vez detectada la aeronave incursora, para identificarla, adquirirla, efectuar el seguimiento hasta el punto de la apertura de fuego y posterior guiado de las armas. Sin mencionar que previo y durante estas actividades, se deben impartir órdenes y determinar a qué elemento, disponible por aptitud y prontitud al blanco, se le asignará la misión.

Sumado a lo anterior, la importancia estratégica, la necesidad de actualización constante, la complejidad de la operación de los subsistemas, así como la constante evolución tecnológica y operativa de los medios involucrados en la defensa aeroespacial, requerirán de una

preparación previa y constante. Ante ello, se debe considerar que los entornos en que se desarrollan estas operaciones, altamente complejos, no pueden ser replicados a través de maniobras o ejercitaciones en el ámbito real. Esto se debe principalmente al estricto cumplimiento de las medidas de seguridad y de coordinación que se han de establecer con las demás fuerzas y agencias externas en pos de la actividad; sumado a los elevados costos que implican este tipo de actividades, originados básicamente por los despliegues, movimientos y el tiro real al considerar el consumo de munición y el desgaste del material, que a su vez lleva aparejado la disminución de la vida útil del mismo; a lo que se agrega la disponibilidad de medios propios y de otras fuerzas involucradas y la observancia del impacto ambiental en los espacios destinados a tal fin.

Todas estas variables, y más, han de ser contempladas al momento de llevar a cabo esta actividad tan compleja. Aspectos que, mediante el empleo de sistemas de simulación se han y pueden reducirse a un coste mínimo con un máximo de realismo, constituyendo un valioso complemento para practicar, adiestrar y experimentar los procedimientos técnicos y tácticos – doctrina – con el fin de alcanzar los objetivos en el plano de la educación militar, esencialmente, niveles adecuados de adiestramiento requeridos para certificar un elemento de artillería antiaérea para entrar en combate si fuere necesario.

En este contexto, los elementos de artillería antiaérea del Ejército Argentino no cuentan con un sistema de simulación acorde al material ni a los modernos escenarios, los cuales implican una gran variedad de amenazas aéreas. Por lo que es una capacidad disminuida y postergada, al igual que el actual estado de los sistemas antiaéreos disponibles. La instrucción y adiestramiento del personal queda acotado al empleo del material, a las escasas ejercitaciones y sesiones de tiro escuela que se ejecutan, en un limitado espacio y con importantes restricciones, las cuales condicionan el desarrollo de las mismas.

Ampliando el panorama general, en el contexto de la Fuerza Aérea Argentina y la Armada de la República Argentina, el empleo de simuladores constituye una inestimable herramienta para el adiestramiento individual y de las fracciones para el combate, cuya importancia, eficacia y valor responden a las funciones específicas de cada fuerza.

Al igual que en el ámbito regional, fuerzas armadas de países sudamericanos, con un mayor desarrollo, han adoptado este tipo de tecnologías de simulación para el adiestramiento tanto del individuo como de fracciones orgánicas, apoyándose en componentes con un bajo costo de desarrollo, disponibilidad de reemplazos y la consecuente reducción del costo de la capacitación, generando similares capacidades. Estos factores impulsan significativamente una fuerte inversión en recursos en la formación basada en la simulación.

Se debe considerar tener en cuenta que, en ningún caso el simulador suplirá de forma total a la realidad. Las horas de operación de un sistema de armas antiaéreas en un simulador no son suficientes para entrenar a una tripulación orgánica y certificada, pero el incremento de esas horas resultará en una disminución de los costes globales, a la vez que permitiría incrementar la seguridad y habilidad en el manejo de las diversas variables que el entorno operativo la presentaría en una situación real de combate. Por otra parte, además, posibilitará el fomento, indirecto a la industria nacional, en el ámbito de desarrollo de sistemas de simulación favoreciendo su posicionamiento regional. El país cuenta con nichos industriales capacitados que llevan tiempo desarrollando y suministrando simuladores a las Fuerzas Armadas.

Formulación del problema

¿Cómo aplicar tecnologías de simulación para el adiestramiento del principal sistema de armas de dotación, Cñ 35 mm OERLIKON CONTRAVES, en el marco de la situación actual de los elementos antiaéreos específicos?

Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Determinar conceptualmente las características y principios de un sistema de simulación factible de desarrollar e implementar para optimizar el adiestramiento en el sistema de artillería antiaérea OERLIKON CONTRAVES Cñ 35 mm.

Objetivos Particulares

Describir y analizar el concepto y los distintos tipos de simulación de aplicación al adiestramiento del sistema de armas de artillería antiaéreo para determinar sus características particulares y las ventajas de su empleo.

Analizar en el marco regional y nacional los antecedentes de empleo de simuladores de los sistemas de artillería antiaérea para tener una visión comparativa de referencia.

Explicar conceptualmente las principales características de un sistema de simulación para el adiestramiento del sistema de armas Cñ 35 mm OERLIKON CONTRAVES para determinar las tecnologías adecuadas a implementar.

Metodología empleada

La presente investigación se desarrollará sobre la base del método deductivo, respecto del diseño de investigación, será de tipo explicativo. Por último, referido a las técnicas de validación, se utilizarán los análisis bibliográfico y lógico.

Capítulo I

Las tecnologías de simulación para el adiestramiento en el ámbito de la defensa.

En la actualidad no puede desconocerse la importancia que ha adquirido el empleo de sistemas de simulación en el ámbito militar, constituyendo una forma útil para desarrollar soluciones tácticas, técnicas-operativas y hasta doctrinarias, mediante prácticas de la guerra sin necesidad de hostilidades reales. En este sentido, su incorporación como herramienta complementaria a los procesos educativos, significó un adelanto tecnológico e impuso tendencias, marcando un cambio de paradigma en la evolución en la forma de instruirse y adiestrarse individual y colectivamente. Es por ello que en la actualidad existen muchas formas diferentes de simular escenarios operativos, con distintos grados de realismo. En los últimos tiempos, el alcance de las simulaciones se ha ampliado para incluir no solo factores militares, sino también políticos y hasta sociales, los que hoy en día forman parte del ambiente operacional y que en cierta forma condicionan las operaciones que en él se desarrollarán.

En el presente capítulo se desarrollan aquellos conceptos teóricos que permitan encuadrar el presente trabajo, abarcando nociones sobre la simulación, las características de los sistemas actuales, su clasificación, las ventajas y su aplicación en el ámbito específico de la artillería antiaérea. Todo ello enmarcado por la constante evolución de los sistemas de armas, de la amenaza aérea, de la tecnología y los procedimientos, que exigirán una permanente actualización en los procesos de formación y de adiestramiento del personal especialista para incrementar el grado de profesionalismo.

Sección I

La simulación en el ámbito militar: una aproximación a sus orígenes y concepto.

Algunos de los antecedentes acerca del empleo de las simulaciones manuales probablemente daten de alguna forma desde que la humanidad fue a la guerra por primera vez. Ya desde tiempos ancestrales, cualquier organización militar utilizaba elementos para la representación

y enseñanza a sus hombres de las posiciones del enemigo, o las estrategias a plantearse de cara a entablar un posible enfrentamiento. Griegos y romanos utilizaron representaciones mediante miniaturas, tanto para explicar como para intentar interpretar los conflictos contemporáneos y la guerra. Durante la edad media y hasta el siglo XVII, aparecieron muchos juegos que representaban el concepto bélico de aquellos momentos, reflejando el enfrentamiento de un líder militar con otro mediante una batalla decisiva, que intentaba dilucidar el desarrollo de su política por medios violentos. (Peñas, 2019)

Muy a pesar del ámbito castrense, la profesión militar logra enterrar, hundir o desintegrar sus errores en la guerra. Debido al paso del tiempo, y con él, la toma de conciencia de los altos costos que estos errores implican, los militares han utilizado durante siglos los juegos de guerra, los que, con la aplicación de tecnologías, se complementó con la simulación. (Caffrey, 2000) Pero ¿a qué se refiere cuando se dice "juego de guerra", y/o "simulación"?

A lo largo de la historia militar, los juegos de guerra han sido empleados por las grandes potencias durante décadas, en pos de adiestrar, planificar o poner en práctica nuevos conceptos doctrinarios. Los juegos de guerra en su forma moderna se originaron en Prusia en la década de 1820. Dos oficiales, Von Reiszitz y su hijo, desarrollaron un conjunto de instrucciones para la representación de maniobras tácticas bajo la apariencia de un "*Kriegsspiel*" (juego de guerra), simulando un conflicto real, a través de un corpus doctrinal de tácticas que permitía llevar a cabo simulacros de batallas con movimientos de grandes contingentes militares sin el coste que supondría una práctica real, en resumida descripción consistía en un tablero dividido en cuadrículas con fichas de colores y dados, en donde los participantes debían utilizar mapas topográficos y tener en cuenta variables como las condiciones meteorológicas, las irregularidades del terreno, y la red ferroviaria para las comunicaciones, entre otras. Se presentaban así una multitud de situaciones diversas que cada jugador debía de afrontar con los medios disponibles; pudiendo interactuar simultáneamente hasta una decena de participantes, entre aliados

y enemigos, más un árbitro que supervisaba el cumplimiento de las reglas. (Caffrey, 2000) Con el transcurrir de los años y los enfrentamientos de esa época, éste se fue rediseñando, ampliando la escala original para representar batallas más grandes, e incorporando figuras que equivalían a unidades, regimientos o cuerpos de ejército; teniendo cada uno de ellos asignado unos valores o atributos como potencia de ataque, capacidad defensiva, rapidez, y que se expresaban en puntos. También, se incorporó la condición del tiempo que cada jugador disponía para hacer sus movimientos, el cual dependía de si las fichas a mover eran de infantería o caballería, dado que estaban pensados para reproducir el ritmo de traslado de las tropas en el siglo XIX en una época en que la velocidad de desplazamiento resultaba fundamental. En cuanto al combate, también se ajustaba a la realidad; ya que, por ejemplo, el alcance de los cañones sobre las casillas iba en función de su calibre. Asimismo, las unidades que estuvieran demasiado lejos entre sí no podían comunicarse ni darse instrucciones mutuas y era el árbitro quien les facilitaba informes para poder continuar el juego, sin duda alguna constituía una forma para reflejar los problemas de mando y control típicos. Y por supuesto, existía el componente aleatorio de la guerra, dado por los dados. La partida terminaba cuando un ejército derrotaba al otro o cuando el árbitro consideraba que la superioridad de una parte sobre la contraria era manifiesta al haber ocupado su territorio. En los siguientes años se fueron añadiendo otras variables como ataques por sorpresa, líneas de apoyo o el uso de tablas de cálculo que permitían determinar la potencia de fuego del adversario y las bajas que se producirían en un choque cuerpo a cuerpo, entre otras (Álvarez, 2018).

En 1824, tras ver una demostración de cómo funcionaba la simulación de una batalla, el General Von Muffling, jefe del Estado Mayor prusiano, al considerar que no se trataba de un simple juego, sino que fomentaba la iniciativa y la praxis bélica desarrollando estrategias militares, lo presentó al ejército ordenando que se utilizara como un medio más en la formación de los militares. De esta forma, los prusianos fueron los primeros en adoptar los juegos de

guerra, con variados propósitos como ser la enseñanza de la maniobra, de la logística, de los efectos del combate; la representación de la incertidumbre en el combate y la propia historia militar. A partir de ese entonces, durante los siguientes dos siglos, el juego ingresó al estamento militar a través de la élite militar prusiana y fue expandido rápidamente durante el siglo XIX, a los estados mayores de las fuerzas armadas de la mayoría de las naciones, entre ellas Inglaterra, Estados Unidos y Japón, las que adoptaron el concepto y lo adaptaron en diversas formas de juegos de guerra con fines de entrenamiento y planificación, de acuerdo a sus necesidades y conceptos doctrinarios vigentes. (Fernández, 2004)

Tiempo después, durante la Guerra Fría, se intensificó el empleo de la simulación para resolver problemas de interés militar, entre ellos, trayectorias de satélites artificiales, guiado de misiles, entre otros. Todo esto requería de un sistema distinto de resolución de ecuaciones, por lo que para abordar esta problemática se usaron computadores analógicos, que consideraban el uso de elementos electrónicos, para resolver situaciones y crear modelos de simulación continua. (Ríos Negrete, 2016)

Sin embargo, el cambio más radical vino con la revolución informática que se produjo a partir de los años 80, donde el uso de simuladores alcanzó a prácticamente todos los ámbitos de la ciencia y la ingeniería, incluyendo su aporte en el arte de la guerra. Uno de los primeros desafíos en el área militar consistió en la necesidad de entrenar a los pilotos de la fuerza aérea estadounidense, principalmente por el alto costo y la posibilidad de perder un piloto por una mala maniobra realizada en un avión real. En 1931 el ingeniero y pionero de la aviación estadounidense Edwin A. Link, ante la necesidad de adiestrar a los pilotos del Army Air Corp a causa del creciente número de accidentes aéreos, ideó y patentó el "*Link Trainer*" o "*Blue Box*": una herramienta necesaria en la formación de los pilotos, antes, durante y después de la Segunda Guerra Mundial respecto de su entrenamiento, a partir de un sistema de movimiento

neumático accionado eléctricamente para simular el movimiento del vuelo e incorporando instrumentos de vuelo como un indicador de velocidad del aire, un altímetro y un horizonte artificial. (Gil, 2021) En 1940 se introdujeron las computadoras analógicas, que fueron utilizadas para resolver las ecuaciones de vuelo, lo que dio lugar a los primeros simuladores modernos electrónicos.

En tal sentido, la simulación surge esencialmente como una técnica de enseñanza a partir de construir un modelo de una situación real, aunada a la realización de experimentos con el modelo. Al respecto, la Real Academia Española (RAE), define a los términos:

- Simulación. Del lat. *simulatio*, -ōnis. 1. f. Acción y efecto de simular; y,
- Simular. Del lat. *simulāre*. 1. tr. Representar algo, fingiendo o imitando lo que no es.

Esta definición puntualiza sobre que la acción principal es representar, fingir o imitar, utilizando elementos virtuales, o no, una realidad. Esta acción puede ser utilizada por diferentes ciencias para enseñar, recrear y experimentar aquello que no sería factible, por otros medios diferente de los reales y por imposibilidad física o de costes.

La simulación, puede ser entendida como un método de aprendizaje dinámico a través de una representación de un escenario real o hipotético, que selecciona características cruciales de una situación real y hace una réplica de ellas dentro de un entorno que básicamente está fuera de riesgo. (Saunders & Powell, 1998) Por consiguiente, cualquier forma de entrenamiento puede ser considerado como una "simulación" en el sentido más estricto de la palabra (en la medida en que simula un entorno operativo); dado que se emplea para proporcionar o fortalecer habilidades a través de una experiencia realista, en un determinado escenario, poniendo en práctica los conocimientos obtenidos sin poner en riesgo su integridad física o la de otros, mediante la ejecución de determinadas acciones complejas.

Con el advenimiento de las nuevas tecnologías de la información, la capacitación con simulación se ha adaptado al empleo de sistemas digitales, con un entorno virtual que refleja

las condiciones de empleo reales, las que permite un adecuado grado comprobación y para su posterior puesta en práctica en situaciones reales.

En cuanto a la propia doctrina específica vigente, conceptualiza la simulación como un medio de apoyo para la educación, siendo:

“ayudas electrónicas y/o mecánicas que facilitarán el aprendizaje, reemplazando o complementando el uso de los efectos reales, caros, complejos y de alto costo de operación. Permitirán instruir en la operación de los equipos más sofisticados y costosos, como así también ejercitar al personal en el campo de combate por medio de representaciones de lo real, traducidas electrónicamente, obteniendo la capacitación necesaria en un tiempo menor, reduciendo costos y preservando el material real”. (Ejército Argentino, 1995, p. 18)

Bajo esta perspectiva, de una actividad complementaria al adiestramiento, la simulación permite enfrentar entidades (sistemas de armas, vehículos, formas de vida), en un terreno modelado (datos reales), bajo una doctrina propia, gracias a la capacidad del software de simulación que permite programar patrones y capacidades reales que luego el software enfrenta bajo un modelo probabilístico. Estas actividades de simulación están destinadas a proporcionar los medios necesarios para la formación basada en tecnologías aplicadas en entornos simulados, proporcionando la formación individual y conjunta de sus tareas, lo más cerca posible de la realidad y con la abstracción que se considere necesaria, permitiendo abordar problemas reales a través de la reproducción en ambientes controlados. De esta forma, el sistema de simulación, copia fiel del sistema de arma a entrenar, generará en el operador un aprendizaje óptimo, mediante el uso de interfaces virtuales y reales, sumado a algoritmos y modelos de comportamiento que permitirán una sesión de entrenamiento útil.

Las constantes innovaciones y evolución en el área de las tecnologías de la información han permitido el desarrollo y actualización permanente de simuladores, permitiendo desarrollar

y comprobar soluciones tácticas y doctrinales, en los que se pueden probar y refinar o redefinir sin necesidad de hostilidades reales, dando así una nueva dimensión al adiestramiento de las fuerzas armadas. Su objeto, en el ámbito de la educación, será complementar, facilitar, perfeccionar la instrucción y adiestramiento de los distintos niveles de una organización militar, facilitando la evaluación y el análisis de las situaciones ocurridas para luego aplicar lo aprendido (lecciones aprendidas); y comprobar la validez o no de conceptos doctrinarios frente a determinadas situaciones.

En la actualidad, la simulación constituye una herramienta fundamental en la preparación para el combate de los miembros de las fuerzas armadas y en la planificación y conducción de las operaciones, suponiendo un salto cualitativo en la formación de sus componentes. La mezcla de realidad virtual y real de las nuevas tecnologías computacionales está mejorando el aprendizaje y por sobre todo el adiestramiento de las fuerzas para enfrentar desafíos actuales, ante la creciente complejidad de nuevos escenarios multidimensionales y del armamento que en ellos se emplean, permitiendo un crecimiento exponencial del conocimiento.

Es de remarcar que es un elemento que complementa, y no reemplaza, a los ejercicios con fuerzas y medios reales sobre el terreno, los que siguen siendo fundamentales para una adecuada preparación. Debe ser considerada como un medio multiplicador y, en ocasiones, facilitador para el adiestramiento en las unidades, que colabora en alcanzar los niveles de certificación requeridos para el cumplimiento de las misiones encomendadas.

Sección II

La simulación militar: características, clasificación y ventajas de su empleo

Atento a lo desarrollado precedentemente, la simulación militar es la representación de un sistema real o conjunto de situaciones por medios informáticos y de telecomunicaciones, que permiten instruir, adiestrar y evaluar a distintos elementos, dentro de sus respectivas especialidades, a un costo inferior en tiempo, dinero y desgaste del material, con un rendimiento

superior, y de similar eficacia a la que se obtendría con la ejecución de todas las actividades asociadas a la instrucción y adiestramiento en el ámbito real. Por tal motivo, permite y facilita aplicar los conocimientos, las destreza y eficacia necesarios en el manejo óptimo del armamento, material, equipo y sistemas de armas, mejorando la eficiencia e integración en el empleo de los medios, la preparación y ejecución de operaciones de combate, proporcionando, además, la posibilidad de realizarlo de forma segura en situaciones de estrés elevado y en un entorno controlado. (Gobierno de España, 2018)

Los sistemas de simulación empleados en el ámbito militar se definen a partir de los aspectos que se desean simular, estos aspectos son el terreno, el efecto de las armas y el combatiente. Asimismo, se pueden clasificar conforme a su naturaleza y por la finalidad a la que está orientada. Según su naturaleza los simuladores se clasifican en simulación en vivo, virtual, constructiva, y *serious games*. (Albornoz, 2019)

La simulación en vivo está diseñada para optimizar y mejorar la formación de las fuerzas militares modernas en un amplio espectro de operaciones militares, además de reducir servidumbres y mejorar la eficiencia de la formación donde quiera que estén desplegados. Consiste en entrenar unidades en el terreno, con armamento, material y vehículos acondicionados técnicamente, para la instrucción y/o el adiestramiento, conforme con al cuadro orgánico de la unidad involucrada, pero con efecto simulado de las armas. En este tipo de procesos, interactúan personas reales, con réplicas de equipos o equipos reales adaptados; y en entornos reales. Estos simuladores permiten obtener resultados medibles y comparables y son ideales para el entrenamiento de técnicas y conductas que requieran del empleo de actividad en terreno, como es el caso de las técnicas de combate de infantería y ejercicios a dos bandos. (Friedrich, 2018)

Respecto de la simulación virtual, este sistema emplea equipos con ambiente y efectos simulados (aulas de enseñanza asistida por ordenador, aulas de conducción, simuladores de tiro

y tácticos de sección), siendo muy eficaces a lo largo de toda la fase de instrucción y de adiestramiento a través de la inmersión del usuario en el mundo virtual. Aborda un aspecto muy concreto de la simulación en el cual se trabaja con el objetivo de derribar las barreras de espacio y tiempo, a través de la reproducción de la percepción, que se captan mediante los sentidos. Combina el uso de equipos reales con escenarios proyectados por medio de informática, pero donde prevalecen las decisiones de los individuos. Mediante esta clase de simuladores es posible instruir y adiestrar en la operación de sistemas de armas, además de evaluar y certificar técnicas de combate. En este grupo se puede distinguir una subdivisión, con simuladores de realidad inmersa, no inmersa y semi-inmersa. (Friedrich, 2018)

Los simuladores de realidad inmersa, son aquellos que se desarrollan en un ambiente tridimensional simulado. El usuario se siente dentro del mundo virtual que está explorando a través de estímulos sensoriales. Emplea dispositivos como guantes, gafas, cascos o trajes especiales, los que captan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo. (Morillo, 2020)

En los simuladores de realidad no inmersa, la visualización de los elementos virtuales se hace a través de una pantalla, mientras que la interacción se da mediante accesorios como el teclado, un periférico (*jockstick* y/o *mouse*) o el micrófono. Se interactúa en tiempo real con diferentes personas o ambientes que, realmente, no existen. Mediante la navegación se ofrece a los usuarios la posibilidad de experimentar moverse, desplazarse y sentir determinados espacios, ambientes o escenarios como si se encontrase en ellos. Este enfoque no inmerso tiene varias ventajas sobre el enfoque inmerso, como son los bajos costos y la fácil y rápida aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersos son de alto costo económico, razón por la cual resulta de mayor aceptabilidad el empleo de ambientes virtuales fáciles de manipular por medio de dispositivos más sencillos. (Morillo, 2020)

En cuanto a los simuladores de realidad semi-inmersa, son aquellos donde el usuario se mantiene en contacto con elementos del mundo real. Pueden tener proyecciones envolventes, o cabinas. (Morillo, 2020)

Los simuladores con realidad virtual son empleados generalmente de forma efectiva para desarrollar diferentes sistemas de armas, para mejorar la seguridad y estudiar factores humanos. Por otro lado, la proyección de imágenes reales en la realidad virtual mejora el realismo utilizando imágenes fotorrealistas y el proceso de modelaje es más sencillo. (Morillo, 2020)

Respecto de la simulación constructiva, constituye un modelo fiable, que permite repetir acciones para contrastar los resultados y verificarlos de una manera lo más objetiva y cuantitativa posible. Proporciona, a través de modelos informáticos, la representación gráfica, simulada, de unidades, sistemas de armas y sus efectos, equipos y terreno, para el adiestramiento de los mandos y sus respectivos cuadros. Para su empleo, es necesario que terceras personas introduzcan órdenes y acciones al sistema. Se utiliza normalmente a nivel unidad y brigada. Permite a los jefes/comandantes comprobar el proceso de las operaciones (planificar, preparar, ejecutar y evaluar), facilitando la conducción, ajustes y modificaciones necesarias para que los mismos conduzcan sus unidades y se enfrenten al adversario en este tipo de simulación. A través de la simulación constructiva es posible apoyar la generación de doctrina, investigación y análisis que permitan evaluar nuevas estructuras orgánicas. (Friedrich, 2018)

Los sistemas de simulación *serious games*, son juegos comerciales, de bajo costo, adaptados a las necesidades de los diferentes ejércitos. Pueden combinar simulación virtual y constructiva de bajo nivel en un mismo ejercicio. Estos sistemas se desenvuelven en un entorno virtual o mapa de tres dimensiones que representa el terreno, vegetación, infraestructuras, caminos o cualquier objeto de la realidad. Dentro de este entorno virtual interactúan simultáneamente los miembros de las unidades a través de un ordenador. Los miembros de la unidad

asumen un rol respectivo controlando una entidad virtual representada por un soldado en 3D. Esta entidad o soldado podrá interactuar con armas, vehículos, objetos u otras entidades que estén en su mismo entorno virtual. Algunas de estas entidades virtuales pueden estar controladas por personas reales o por inteligencia artificial. Resultan muy útiles para el entrenamiento de unidades hasta nivel subunidad o equipo de combate, llegando a emplearse, en ocasiones, como simuladores constructivos de hasta nivel Brigada. (Albornoz, 2019)

Asimismo, consultados otros documentos, surge una clasificación de los sistemas de simulación basada en su finalidad. De esta manera se pueden mencionar los medios de simulación en apoyo a la instrucción, los que están orientados, principalmente, al manejo de un determinado material, armamento o equipo y tienen como finalidad mejorar la instrucción individual del combatiente y de la unidad hasta nivel pelotón/equipo/tripulación/pieza. Como norma general facilitan el conocimiento en el funcionamiento básico de determinados materiales, equipos y sistemas en dotación en las unidades, mejoran la instrucción en el tiro como combatiente individual o como sirviente de un determinado sistema de armas, mejorando la instrucción de los componentes de un sistema de armas en un tipo de operación específica, así como la instrucción básica de las tripulaciones. (Gobierno de España, 2018)

Por otra parte, también se considera la simulación en apoyo para la elaboración de lecciones aprendidas a partir de su empleo como banco de pruebas de determinados procedimientos, permitiendo analizar situaciones ocurridas y poner en práctica determinados aspectos doctrinales, facilitándose, con ello, la obtención de conclusiones de interés. La simulación, permite de este modo, experimentar dentro del escenario simulado, donde se han producido incidentes, para luego concluir sobre los mismos desde diferentes puntos de vista (fuerzas propias, fuerzas en oposición).

De acuerdo a esta forma de tipificar los distintos tipos de simulación, y relacionada con la anterior mencionada, se contempla el tipo de simulación empleado en apoyo a las tácticas,

técnicas y procedimientos de combate. Del análisis de las situaciones ocurridas y de la puesta en práctica de determinados aspectos doctrinales que se realizan en los simuladores, estos medios constituyen una herramienta válida a disposición del mando para la definición y actualización de tácticas, técnicas y procedimientos de combate, permitiendo de este modo; practicar las mismas en vigor antes de su empleo en una operación o ejercicio, evaluarlas antes de ser implantadas y revisar las existentes. (Gobierno de España, 2018)

En cuanto a los beneficios, ventajas generales que la simulación provee en el ámbito militar son variados y de una importancia significativa. Es perentorio poner en relieve las ventajas que motivan el empleo de éstos sistemas, como capacidad de simular con un alto grado de realismo, con diferentes situaciones específicas para cada entrenamiento que la unidad requiera, las que en condiciones reales significarían asumir un alto riesgo, como también la rapidez/agilidad en la transmisión de conocimientos especializados; como producto de la explotación de los resultados obtenidos de forma inmediata y de la posibilidad de una práctica basada en la repetición de los ejercicios para fijar los conceptos hasta la adquisición de las habilidades deseadas en el nivel requerido como parámetro. Del mismo modo, permite que los resultados de desempeño se guarden para su posterior revisión, con el fin de identificar y cuantificar errores y así introducir las correcciones necesarias.

Dentro de estas ventajas podemos citar, la flexibilidad, en su empleo, permitiendo planear, seleccionar y controlar diferentes escenarios, variables y niveles de exigencia, según sea el propósito que se pretenda lograr. Con ello se busca incrementar la operatividad de las unidades, cualquiera sea el nivel, como así también la variedad y el estímulo en el aprendizaje, proporcionando un amplio abanico de posibilidades, para el logro de los objetivos marcados, a través de la ejecución de diferentes escenarios y amenazas hostiles que posibilita la aplicación de distintos procedimientos y tácticas. Este método favorece el mejor aprovechamiento de las acciones formativas reales, ya sea aprendiendo y mecanizando rutinas que permitan una mejor

concentración de la atención en lo esencial, o mejorando la capacidad de evaluar los errores. Por otra parte, la flexibilidad es favorecida por la capacidad permanente de contar con los equipos de simulación en cualquier condición climática, ya que permite respetar los cronogramas de entrenamiento de acuerdo a la necesidad de la unidad a todo tiempo.

La economía, basado en la posibilidad de ejecutar las tareas/actividades y ejercitaciones planificadas sin la necesidad de desplegar en el terreno los medios necesarios a tal fin. Reduciendo, por un lado, el impacto económico, que conlleva la realización de éstos; además de la racionalización en el empleo de determinados vehículos, armamento, materiales, equipos y sistemas de armas, reduciéndose el deterioro o desgaste prematuro de los equipos reales que pudiera producirse por cuenta en su empleo frecuente, evitando así agregar costos adicionales de mantenimiento; los consumos de combustible y munición, artefactos y explosivos, reduciendo, consecuentemente, el impacto medioambiental, ante la disminución en la necesidad de utilizar campos de instrucción, favoreciendo con ello la preservación del medioambiente y minimizando también la necesidad de control y gestión de daños colaterales a los recursos naturales y edificaciones civiles, cuestiones asociadas a las actividades de preparación y las vulnerabilidades que este aspecto supone para la institución. Por otro lado, posibilita reducir el número de recursos humanos responsables de la formación de los individuos y conjuntos.

El tiempo, variable que durante la simulación virtual se optimiza, ya sea en las fases de preparación, ejecución, coordinación, desplazamientos, entre otros; de la misma forma que se reduce la necesidad de apoyo de medios logísticos, otorgando un grado de independencia a la simulación virtual en relación a los demás componentes y factores que se ven involucrados en un ejercicio militar.

La eficiencia, se destaca como otra de las mayores ventajas, teniendo un rol protagónico ya que posibilita desarrollar inicialmente un mayor número de habilidades en los individuos, para que la operación en condiciones reales se procese con mayor eficiencia. Aumentando, la

cantidad y calidad de formación, alcanzando altos estándares de adiestramiento a un costo reducido desde la perspectiva del gasto, de los riesgos y el desgaste del material militar. Como así también, desarrollar capacidades de mando y control, dada la cantidad de variables reales que integran los sistemas actuales.

Por último, permite el aprendizaje de lecciones sobre el uso de los sistemas de armas, unidades y los respectivos procedimientos de apoyo y doctrinarios que se encuentren en uso. Del mismo modo, posibilita introducir un factor motivador adicional en la instrucción y adiestramiento, ya que tiene lugar en un entorno más cercano a la realidad, de uso amigable y donde las consecuencias de los errores pueden ser salvados en un espacio seguro.

Es así que, y a la luz de las múltiples ventajas enunciadas, durante la última década, las fuerzas armadas han materializado su interés por la simulación, como una herramienta que se emplea para alcanzar las máximas cotas de operatividad en los diferentes sistemas, donde estas tecnologías se empleen.

Sección III

La simulación militar y su empleo por parte de la artillería antiaérea

La simulación militar es una parte del adiestramiento y, en consecuencia, potencia las capacidades para la defensa nacional. Existe una máxima que ayuda a entender esta perspectiva: “Lucha como te has entrenado, y entrénate como vayas a luchar”. En la necesidad de evitar errores y de maximizar capacidades está el sentido último de la simulación. (Cortina, 2022)

De los recientes escenarios de conflictos armados se han evidenciado un acelerado ritmo de los cambios a la luz de los avances tecnológicos, convirtiéndolos en dinámicos y complejos, lo que conduce a una necesaria y continua adaptación de los sistemas para poder enfrentar el acontecer de esta realidad. A partir de su introducción en el campo de batalla, y más precisamente en el dominio del espacio aéreo, han garantizado a los medios de la amenaza aérea un aumento exponencial tanto en su variedad como de sus capacidades, particularmente

en lo que a operaciones aire-superficie se refiere. Lo cual se traduce, en que ya no se limita a los aviones, helicópteros y misiles, sino que cada vez aumentan en su tipo, y con ello la intensificación selectiva en su empleo, constituyendo, no solo el vector sino que también el arma empleada por éste, una amenaza con la capacidad para realizar ataques precisos sobre fuerzas u objetivos estratégicos en la profundidad de un dispositivo o territorio, con vistas a la obtención de la decisión en el campo de batalla o como una seria amenaza a la soberanía e integridad nacional respectivamente. En consecuencia, esto induce que una fuerza desplegada o infraestructura crítica que no posea una adecuada protección, tenga pocas posibilidades de supervivencia ante los efectos que ocasionen su accionar. (Zaracho, 2022)

Ante ello, cobra importancia la disponibilidad de organizaciones y medios adecuados que permitan la planificación, conformación y ejecución de una eficaz defensa antiaérea. La doctrina conjunta vigente, presenta a la defensa antiaérea, como un medio de la Defensa Aeroespacial Directa Activa (DADA), dentro de un marco integral y conjunto, destinado a: disuadir, anular, neutralizar o atenuar la efectividad de los actos hostiles en el aeroespacio, en pos de la protección de los objetivos vitales de la nación y/o de fuerzas desplegadas (Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas, 2016), y a contribuir en la obtención y el mantenimiento de un determinado grado de control aeroespacial dentro de un teatro de operaciones, que proporcione al comandante la libertad de acción necesaria para la ejecución de las operaciones terrestres. (Ejército Argentino, 2015) En el ámbito específico, el componente terrestre, conformará su propio Sistema de Defensa Aeroespacial Específico (SDAE), siendo la artillería antiaérea de ejército la que desempeñe dicha función, con la misión de "...accionar sobre la amenaza aérea, a las mayores distancias posibles para prevenir, anular, interferir o reducir los ataques de los medios aéreos enemigos en vuelo" (Ejército Argentino, 2001, p. 17)

Ante esta realidad, en la que se han incrementado las amenazas y riesgos que inciden en la seguridad de los estados, surge consecuentemente, un acelerado proceso de cambio de

estrategias para enfrentar las adversidades que estas significan. En este sentido, los estados a través de sus fuerzas armadas, intensifican su entrenamiento y perfeccionamiento, especialmente en el ámbito de técnicas y procedimientos de tiro de sus armas de dotación, por ejemplo, mediante la ejecución de sesiones de tiro con munición de guerra, con munición de fogeo o empleando medios alternativos como es bajo un sistema de simulación.

Como anteriormente se mencionó, el aprendizaje mediante el empleo de sistemas de simulación se implementa actualmente en el mundo como un elemento didáctico, siendo su justificación y respaldo, principalmente, la complejidad, el alto costo y el ambiente operacional de los sistemas de armas modernos, lo que han alentado a que se utilice cada vez más la simulación avanzada. Así también, la evolución de los conflictos y doctrinas militares, las restricciones presupuestarias a las que se enfrentan las fuerzas armadas, en particular las propias, las cuestiones medioambientales y la necesidad de formación. Es así, que estos entrenadores son capaces de proporcionar una capacitación más intensa que la que se logra en los sistemas y equipos reales todo ello en un entorno de aprendizaje seguro y conveniente, permitiendo mejorar las habilidades y los resultados frente a la enseñanza tradicional, ofreciendo un entrenamiento táctico consolidado y una solución ante las limitaciones presupuestarias y los requerimientos necesarios para desarrollar una actividad operacional con munición de guerra y blancos reales, combinando entornos hostiles flexibles y editores de escenarios con un ambiente virtual de alta fidelidad para la formación, adiestramiento y evaluación posterior a la acción. Esto hace posible entrenar a los profesionales militares en un entorno virtual en el que pueden mejorar sus habilidades sin la necesidad de entrenar/desplegar en un campo de instrucción.

Actualmente existen opciones de simulación para casi cualquier tipo de sistema de armas, por lo que la artillería antiaérea no es la excepción. Contar con esta tecnología significa un avance cualitativo para el entrenamiento de dichos elementos en vistas al cumplimiento acabado de su misión, sobre la base de una eficiente integración y coordinación con los demás

sistemas, desde lo específico a lo conjunto, para protección a la maniobra de las fuerzas desplegadas y/o de los activos considerados de importancia vital para los distintos niveles de la conducción de una operación militar.

La instrucción y el adiestramiento de los elementos de artillería antiaérea requieren de tiempos y modalidades particulares, diferenciándose en particular, respecto de otro tipo de elementos militares. El tiempo necesario para capacitar a las tripulaciones variará de acuerdo con el sistema de armas con que el elemento esté dotado, al igual que el conocimiento táctico-técnico y su aplicación en ejercitaciones requerirá de una programada y paulatina instrumentación, sumado a que estas exigencias serán complejas y costosas. Dicha capacitación incluye la ejecución de la práctica de tiro real, con munición de guerra, que permita la certificación de las mismas. Esta actividad conlleva un elevado número de horas de funcionamiento del material, con el consiguiente desgaste del mismo, de munición y combustible, además de una adecuada estructura logística que asegure el sostenimiento durante su desarrollo. También será perentorio considerarse los riesgos asociados con los accidentes en el manejo de los diferentes materiales, como también las numerosas coordinaciones a ser establecidas. Ante estas exigencias, los simuladores se presentan como una herramienta válida, complementaria a los procesos de educación para la adquisición y desarrollo de capacidades y habilidades tanto cognitivas como procedimentales, necesarias para la operación sistémica de los diferentes sistemas bajo la responsabilidad de la artillería antiaérea, posibilitando el adiestramiento y evaluación de los operadores, en el manejo, operación y ejecución del tiro de los diferentes sistemas de armas en ambientes simulados, pero bajo un mismo grado de tensión.

Los simuladores con aplicación para sistemas de armas antiaéreas, sean estos cañones o misiles, son conjuntos de sistemas tecnológicos bastante simples que permiten la realización del adiestramiento en la identificación, adquisición, seguimiento, puntería y ejercicios de tiro o lanzamiento y guiado sobre blancos, vectores aéreos, proyectados en una pantalla. Obviamente,

con la capacidad de emplear diferentes escenarios con numerosas situaciones, condiciones meteorológicas, y tipos de amenazas aéreas, lo que permite evaluar perfectamente la realización de los correspondientes ejercicios, contribuyendo exponencialmente con el adiestramiento del personal en las técnicas y tácticas para el empleo de los diferentes sistemas de defensa antiaérea.

Los tipos de simulación empleados por los sistemas de armas antiaéreas son del tipo virtual, los cuales pueden incluir actividades que abarcan desde el reconocimiento, elección y ocupación de una posición hasta la designación de objetivos. La parte más sustancial de la simulación es la referida al grado de protección a proporcionar y en consecuencia a la acción sobre la amenaza aérea en la lucha por la obtención del grado de control aeroespacial requerido para el desarrollo de las operaciones.

Es en esta simulación, donde se tiende a la gestión de las distintas operaciones de los sistemas de artillería antiaérea en tiempo real: abarcando desde el momento en que se ordenan los estados de disponibilidad y de alerta correspondiente, la detección del tráfico aéreo irregular, hostil, la identificación, adquisición y seguimiento del mismo, al mismo tiempo que se verifica el control de las emisiones y el cumplimiento de las medidas de control y coordinación que se requieran para la operación. Para finalmente efectuar el lanzamiento y guiado, si corresponde, de las armas, permitiendo el adiestramiento en la distribución de los fuegos sobre una o varias amenazas aéreas.

La simulación, se presenta en éste ámbito, entonces, como un método para acercarse a la realidad, vinculando los conocimientos adquiridos y la práctica, como un instrumento de capacitación para situaciones que exigen una elaborada combinación de aptitudes cognitivas y motrices.

Todos estos entornos no se pueden replicar a través de maniobras, dadas principalmente las restricciones de seguridad utilizadas en el combate real, por lo que resultaría impensable,

por ejemplo, practicar el tiro antiaéreo sobre aeronaves tripuladas, mientras que en el simulador esta situación se ha reducido al límite mínimo de combate. Por ello, la mayoría de los sistemas de armas de defensa antiaérea cuentan con un software de simulación, en mayor o menor nivel de actualización, el cual permite que las tripulaciones puedan hacer instrucción no solo en los ejercicios en los que se despliega el sistema, sino también cuando el material se encuentra en periodos de mantenimiento o reparaciones. De esta forma, el personal ha de instruirse diariamente en el uso de los sistemas, con la finalidad de alcanzar la automatización de los procesos. (Rumiche Salinas, 2021)

Los elementos de artillería antiaérea, dado principalmente por su importancia estratégica, requieren de una formación constante del personal que los integra, como así también, ante la complejidad en la operación de los distintos subsistemas involucrados, exige una preparación previa y constante, que llevan a avanzar en el uso cada vez mayor de equipos de alta tecnología de simulación, con el fin de alcanzar niveles adecuados de instrucción y sus objetivos en el plano del adiestramiento, a fin de lograr la certificación requerida.

Sección IV

Conclusiones parciales

En la actualidad, el esfuerzo principal de los ejércitos más modernos del mundo es encontrar herramientas que permitan, por un lado, optimizar el uso de recursos y, por otro, tener una fuerza lo suficientemente entrenada para hacer frente a las modernas amenazas bélicas que configuran escenarios cada día más complejos, mediante el entrenamiento específico en situaciones particulares, que proporcionen una retroalimentación respecto del desempeño y aplicación de conocimientos adquiridos, es decir las lecciones aprendidas. Estas herramientas son la modelación y la simulación que han alcanzado un relieve mayor, debido al uso de computadoras para implementar modelos y hacerlos funcionar en el tiempo. A tal efecto, el empleo de

juegos de simulación se utiliza con fines de enseñanza, el aprendizaje de tácticas y técnicas, el adiestramiento, entrenamiento y el análisis de situaciones.

Atento a lo analizado, la simulación puede ser definida como un conjunto de técnicas que, mediante el uso de tecnología computacional, permite trabajar en condiciones similares a las reales, pero con variables controladas y en un escenario que se asemeja a lo real, creado o acondicionado artificialmente. Para ello, como ya se mencionó, es necesario contar con un modelo, que represente gráficamente un fenómeno, sistema o proceso, a partir del cual se desarrollará la simulación o en el que se basará el simulador. Este modelo, tendrá como objetivo representar sistemas de armas, configuraciones de unidades militares, soldados, mapas y todo el ambiente virtual que utilizará el simulador o la simulación, agregando la variable tiempo.

En este contexto, la simulación se presenta como complemento indispensable para la preparación de las fuerzas armadas en todos sus escalones, que abarca una amplia gama de actividades desde la instrucción de tiro individual hasta el adiestramiento de las grandes unidades. Se constituye de este modo como un medio de apoyo para alcanzar los niveles de preparación requeridos.

Como se ha podido apreciar, no son menores las ventajas que proporciona la inclusión y empleo de la simulación, específicamente del tipo virtual, a lo largo de los procesos de instrucción y entrenamiento en el ámbito militar, que por naturaleza involucra aplicaciones significativas de recursos y riesgos.

El avance tecnológico que se ha desarrollado en los últimos años en la temática, resulta en que se haya potenciado de manera significativa el uso de medios de simulación, ante la necesidad de mantener al personal con un alto grado de entrenamiento frente a las dificultades por la limitación de los recursos, especialmente en el área de apoyo de fuego donde los elementos necesarios para efectuar este entrenamiento bajo condiciones reales, son de alto costo monetario.

Es así como la simulación del tipo virtual, se presenta como una alternativa viable para la artillería antiaérea, otorgando la posibilidad de realizar un adiestramiento en un ambiente muy similar al real, permitiendo mantener una alta eficiencia operativa, racionalizando los recursos humanos, materiales y financieros, significando de este modo, una disminución en cuanto al consumo de munición y combustible, y el desgaste del material, contribuyendo a su vez en la reducción del daño al medioambiente y los riesgos de seguridad inherentes al tiro real de artillería. La simulación virtual, a tal efecto, reproduce escenarios geográficos reales en todo tipo de situaciones climatológicas, con elementos visuales y auditivos que otorgan gran realismo a los distintos tipos de ejercicios que se requieran desarrollar.

La complejidad de los ejercicios de adiestramiento en un ámbito tan exigente como el de la defensa antiaérea, tanto en medidas de seguridad, como en los costos asociados a una operación de adiestramiento, convierte a estas prácticas en una actividad crítica. A través de la inclusión de tecnologías de simulación y virtualización se busca reducir dichos factores, sumando una cuota de realismo a bajo costo y riesgo controlado, tanto humano como material, en el adiestramiento de los distintos sistemas de artillería antiaérea.

Capítulo II

La simulación aplicada en los sistemas de armas antiaéreos en el marco regional y nacional

Las tecnologías digitales han cambiado la realidad en el ámbito de la educación, alcanzando papeles fundamentales en el mundo contemporáneo. Las innovaciones en el área de las tecnologías de la información (TI) permitieron el desarrollo de simuladores, dando una nueva dimensión a la instrucción y adiestramiento en las fuerzas armadas.

En el marco regional, el empleo de la simulación ha ido adquiriendo una importancia significativa, siendo cada vez más fuertes las inversiones en esta área, a raíz de los resultados satisfactorios, ventajas, que presentan. (Couto Jr, 2003) Bajo este contexto, se ha intensificado el empleo de simuladores para el entrenamiento e instrucción de los efectivos, con el fin de racionalizar los recursos, materiales y financieros, sin perder capacidad de respuesta. En tal sentido, muchas fuerzas han priorizado la adquisición de modernos equipos de simulación, concentrándolos en instalaciones desarrolladas y adaptadas para tal fin, para combinar eficiencia operativa y reducción de costos. Estas nuevas tecnologías contribuyen a la profesionalización de las organizaciones, tanto en su faz individual como de conjunto, manteniendo altos niveles de entrenamiento.

Este capítulo abordará el uso de tecnológicas en simulación en el ámbito de la artillería antiaérea, como herramienta de ayuda en los procesos de instrucción y adiestramiento, del ejército brasileño y chileno, los cuales han desarrollado en los últimos años diferentes sistemas de simulación antiaéreos. Del mismo modo, se realizará el estudio de los antecedentes de empleo de éstas tecnologías a nivel nacional, a fin de tener una visión comparativa de referencia.

Sección I

Empleo de tecnologías de simulación en los sistemas de armas antiaéreos en el marco regional

En el ámbito regional, el Ejército de Chile no es ajeno a esta transformación tecnológica mundial, por lo que comenzó a sistematizar el empleo de simuladores para generar ambientes virtuales, como aporte a la investigación y el desarrollo en las áreas del entrenamiento militar, creando modelos para la planificación de operaciones militares y simulando el impacto de la adquisición o modernización de los sistemas de armas ya existentes (Albornoz, 2019).

En base a ello, emplean distintas herramientas tecnológicas de simulación, con la finalidad principalmente de ayudar al entrenamiento, la toma de decisiones, así como también para la preparación y evaluación de sus unidades. Respecto del empleo de estos sistemas de simulación virtual en las unidades de artillería antiaérea, se puede mencionar el sistema de adiestramiento virtual para el sistema de defensa antiaérea MBDA MISTRAL. Éste es un sistema de armas de defensa antiaérea de corto a muy corto alcance para la defensa de unidades de maniobra, principalmente, siendo empleado también para proteger unidades navales o puntos estratégicos del ataque de aviones, helicópteros o aeronaves no tripuladas (UAV). Es disparado desde un lanzador ligero y portátil, *manpads*¹, que puede ser fácilmente transportado y operado desde tierra. (García, 2019)

El Ejército de Chile posee lanzadores de misiles Mistral montados en camiones Mercedes Benz Unimog 1300 y para la detección y designación de blancos emplea radares tácticos EL/M-2116 de IAI Elta Systems. Los lanzadores de misiles Mistral están asignados a las Baterías de Artillería Antiaérea que entregan cobertura a la 1ª Brigada Acorazada Coraceros y el personal que opera éstos sistemas de armas, recibe instrucción y capacitación en el Subcentro de Entrenamiento de Artillería Antiaérea de la mencionada brigada. (García, 2020)

El Subcentro de Entrenamiento de Artillería Antiaérea, dispone de modernos simuladores en terreno y virtual para adiestrar a los efectivos en el empleo del sistema de defensa

¹ Sistema de defensa antiaérea portátil, MANPADS o MPADS por sus siglas inglés (*man-portable air-defense system*) son misiles tierra-aire lanzados desde el hombro. Normalmente son armas guiadas y son una gran amenaza para las aeronaves en vuelo bajo, especialmente los helicópteros.

antiaérea. Estos sistemas permiten capacitar al personal en la operación del equipo, facilitando su entrenamiento respecto del alto valor de los misiles, lo que resulta una condición prohibitiva para el lanzamiento real. Esta es una metodología de preparación que se ha implementado en el Ejército y genera un ahorro en los recursos ya que no se necesita desplegar vehículos ni materiales. (García, 2017).

El simulador en terreno básico, permite emplear la mira de puntería del puesto de tiro y hacer el seguimiento a un dron que emula un blanco. En otra estación, se practica la secuencia completa de disparo y el lanzamiento propio del misil, lo que permite a la tripulación² del puesto de tiro realizar el procedimiento y mejorar sus habilidades. Por otra parte, el simulador virtual ubicado en un establecimiento cerrado y acondicionado a tal efecto, cuenta con un equipo real adaptado para el entrenamiento y una gran pantalla que proyecta diferentes escenarios tácticos y amenazas aéreas contra unidades terrestres. (García, 2017)

En cuanto a las fuerzas armadas de la República Federativa del Brasil, estas han aumentado sus inversiones en esta área, materializando el reconocimiento de los beneficios de la simulación a favor de la formación y entrenamiento de sus fuerzas terrestres y la optimización de costos. En tal sentido, cabe mencionar, por ejemplo, el desarrollo del Simulador de Apoyo de Fuego (SIMAF), entre la empresa española Tecnobit y el Ejército Brasileño (EB), siendo el mayor simulador militar de América Latina y el más avanzado en términos de simulación de combate, y que se encuentra en la Academia Militar *das Agulhas Negras* (AMAN) de Resende (Rio de Janeiro): la principal escuela de formación de oficiales combatientes de la Fuerza Terrestre (Bonilla, 2016). Como así también la creación del Centro de Entrenamiento Blindado (CIBld), el Centro de Entrenamiento de Aviación del Ejército (CIAvEx) y el Centro de Adiestramiento y Evaluación Sur (CAA-Sul), en Santa Maria (RS), donde se encuentra el Centro de Aplicación de Simulación de los Puestos de Mando (CAS-PC). (Defensa.net, 2016)

² Integrada por el comandante, apuntador y radioperador.

Respecto de la aplicación de sistemas de simulación para la artillería antiaérea brasileña, el Programa Estratégico de Defensa Antiaérea del Ejército, a través del cual busca modernizar y adquirir materiales para satisfacer las necesidades de la defensa aeroespacial brasileña, presenta como uno de sus objetivos la recuperación y obtención de la capacidad antiaérea de baja y media altura, en base a lo cual, han adquirido medios modernos para reequipar las unidades y subunidades de artillería antiaérea.

En tal sentido, y de acuerdo con la directriz para el empleo de sistema de simulación en el ejército brasileño, la artillería antiaérea utiliza para el adiestramiento de sus efectivos el simulador VBC DA Ae GEPARD 1A2, los simuladores del RBS 70, y el simulador Igla 9K38, con miras a brindar mejores condiciones para la formación y entrenamiento militar, además de brindar ahorros en recursos económicos, al permitir la racionalización en el uso de los recursos humanos, materiales y financieros, al resultar una reducción significativa en el consumo de munición y combustible para traslados a maniobras, el desgaste por el uso militar de los materiales (vehículos, armas y otros equipos) y los habituales riesgos de seguridad. A la vez de contribuir a la preservación del medio ambiente a lo largo de las zonas hoy utilizadas para la ejecución de tiros reales, debido a la reducción en el número de municiones lanzadas. (Silva, 2021)

Los sistemas de armas antiaéreos RBS-70 Mk 2 y RBS 70NG, fueron adquiridos en el año 2014 y 2019 respectivamente. El primero de ellos fue desplegado para brindar protección en eventos de magnitud, como la Copa Mundial de Fútbol y las Olimpiadas de Rio de Janeiro de 2016. El paquete adquirido a la empresa sueca SAAB, incluyó: simuladores, equipos de visión nocturna, lote de repuestos y herramientas, equipos de prueba y cursos para la instrucción de efectivos (Bastos Jr y Morales, 2020). El RBS 70 es un moderno sistema portátil de defensa antiaérea contra vectores aéreos de baja altitud. Actualmente, es de dotación en las Brigadas y Grupos de Artillería Antiaérea brasileñas. (Silva, 2021)

El simulador que emplea el RBS 70, es del tipo virtual, y consta de dos sistemas básicos: el propio simulador (estación del operador) y la estación del instructor, permitiendo utilizar dos modos: modo independiente (modo autónomo) y modo operador/instructor (modo distribuido). En el modo autónomo, el operador podrá entrenarse a sí mismo, desarrollando su habilidad para monitorear, interceptar y destruir una amenaza aérea, con escenarios predefinidos, en el que el operador puede entrenar solo y recibir una evaluación después de cada escenario simulado. En el modo operador/instructor, el instructor, operando su estación sincronizada con el simulador, controla el escenario de entrenamiento. Asimismo, tiene la posibilidad de proyectar los resultados del desempeño del operador en cada ejercicio en una pantalla para su visualización y evaluación. El simulador dispone de un programa de entrenamiento frente a diferentes tipos de amenaza aérea en tres niveles: fácil, medio y difícil, asignando un puntaje por las condiciones³ en que se derriba o no el objetivo durante cada ejercicio de tiro (SAAB, 2014). Se puede entrenar cualquier situación táctica, diurna o nocturna. Además, el equipo simula el pequeño golpe del arma y el oscurecimiento, cuando se simula el disparo de misiles, lo que lo convierte en una herramienta muy realista. (Silva, 2020)

Otro factor de gran preponderancia en este simulador es la visualización en pantalla de gráficos de desviación del objetivo y la tabla de eventos, mostrando la información sobre los procedimientos del operador desde la adquisición del objetivo hasta el momento en que el misil lo impacta o no, lo cual facilita, en este último caso, a partir de la visualización del error, adoptar procedimientos que subsanen esta deficiencia (Silva, 2020).

El RBS 70 NG, por su parte, utiliza un concepto de entrenamiento integrado, a partir de un operador básico, hasta uno cooperativo para la unidad de defensa antiaérea completa. El concepto de entrenamiento está construido en un entorno de simuladores con PC comerciales

³ Seguimiento constante del objetivo sin grandes oscilaciones, la distancia desde el impacto hasta la cabina del avión

para aulas, que permiten el entrenamiento de un apuntador básico. El entrenamiento específico sobre los procedimientos de combate se lleva a cabo en unas pocas horas. El entrenamiento al aire libre se realiza con el sistema respaldado con una función de registro, para la revisión después de la acción. (SAAB, 2016)

El 9K38 IGLA es un misil superficie-aire portátil soviético/ruso guiado por infrarrojos (SAM) de corto alcance (*Manpads*) (Rosoboronexport, 2022). Para el adiestramiento en este sistema, el Tercer Grupo de Artillería Antiaérea (GDAAE) emplea el simulador KONUS, también del tipo virtual, que permite a los militares entrenar en el manejo del subsistema de armas Antiaéreas IGLA-S mediante entrenamientos simulados de combate en escenarios de alta resolución, siendo diseñado con la intención en entrenar las habilidades en combate y lograr la práctica de los operadores, permitiendo monitorear las actividades de simulación e identificar procedimientos incorrectos, con el fin de mantener y mejorar las habilidades adquiridas. De origen ruso, el simulador KONUS tiene una pantalla de proyección que simula una serie de escenarios en diferentes ambientes, a la vez que un sistema computarizado genera los respectivos informes de eficiencia de los tiradores.

El simulador consiste en un tubo y un mecanismo de liberación, junto con un conjunto de equipos informáticos para simular situaciones de uso del sistema antiaéreo con la intención en entrenar, mantener y mejorar las habilidades necesarias por el operador del sistema. Tiene la capacidad de operar hasta por 8 horas continuas y permite un máximo de 40 disparos por hora. Básicamente la infraestructura que la destaca es su pantalla: diseñada como el sector de un cono 3D con diámetro en 6 metros, en la que se proyectan imágenes que configuran un escenario símil real. (Defensa.com, 2015)

Por otro lado, el EB posee dos baterías antiaéreas autopropulsadas, orgánicas de las brigadas acorazadas, que usan el blindado de orugas VBC DAAe Gepard 1A2. Este sistema está equipado con dos cañones de 35 mm y un radar, que permite el traqueo de objetivos de

baja altitud, fue diseñado con el propósito de proteger a las unidades LEOPARD contra ataques y reconocimiento aéreo, de acuerdo con la misión táctica de la brigada a la que está subordinado, es decir, en general, a la defensa de punto y desplazamientos, siendo su armamento de baja altitud el más adecuado. También se caracteriza por ser un sistema de armas autónomo, es decir, capaz de realizar la búsqueda, adquisición y aprehensión por sus propios medios y capaz de enfrentarse con éxito a una amplia gama de amenazas (objetivos aéreos y terrestres) (Ejército Brasileño, 2014)

Al momento de iniciarse el proceso de adquisición de este material, en 2013, también se estableció como una de las prioridades la adquisición de simuladores que permitan el adiestramiento en la operación de la tripulación para la utilización del sistema de armas y sus subsistemas para la eliminación de blancos aéreos o terrestres. Optimizando tanto el entrenamiento individual como el colectivo. La sala de simulación del sistema GEPARD cuenta con las cabinas de simulación del VBC AAe GEPARD 1A2 (4 o 6 camarotes) en los que se ubican los integrantes de la tripulación para realizar los distintos ejercicios propuestos. Estos stands pretenden representar el interior del vehículo (espacio, instrumentos y equipos). El realismo entre la cabina de simulación y el interior del vehículo GEPARD aporta al operador el sentimiento y, al mismo tiempo, las dificultades que existen dentro de ella. De esta forma, se anima a los mismos a realizar los procedimientos tal cual lo ejecutaría en la realidad, favoreciendo el aprendizaje (Ejército Brasileño, 2014). Para ello, cuenta con un sistema de entrenamiento aplicado (ASF) que permite a los instructores diseñar, aplicar y controlar el entrenamiento mediante un editor de escenarios y un módulo de preparación (utilizado para crear software educativo); un módulo de instrucción y el visor 2D. (Kleber Soares, 2018).

Este simulador permite representar diferentes tipos de ejercicios, con escenarios que pueden contener hasta seis vehículos y un máximo de treinta objetivos tierra y/o aire al mismo tiempo. A la vez que posee la posibilidad de insertar, en un ambiente de guerra electrónica

(GE), fallas de radar además de simular defectos en el vehículo. Estos recursos implican la necesidad de que el operador del sistema emplee la iniciativa y el conocimiento para resolver los problemas presentados, generando así una mejor calidad de enseñanza y aprendizaje. (Bruno Santos, 2017)

El material de simulación, ha aportado mucho al entrenamiento de las organizaciones militares de artillería antiaérea brasileña y a su doctrina, incrementando sus capacidades, facilitando el proceso de enseñanza y favoreciendo la versatilidad en el entrenamiento de las organizaciones, evitando el desgaste del material y respetando el principio de economía. (Silva, 2020)

Claramente a partir de lo expuesto, la intensificación del empleo de la simulación de combate es una tendencia tanto regional como a nivel mundial, debido a la relación costo-beneficio, es decir, los usuarios de la simulación alcanzan un nivel de desempeño satisfactorio con menor tiempo y costo que los entrenados por métodos tradicionales. La necesidad de contar con recursos humanos más calificados, sumadas a los desarrollos e innovaciones tecnológicas, llevó a un camino sin retorno, que es el uso de la simulación como herramienta para el entrenamiento de las tropas.

Salvando las diferencias, respecto de los sistemas de armas de artillería antiaérea que poseen las diferentes fuerzas armadas de los estados mencionados, es perentorio poner en relieve el común denominador que motivan el empleo de éstos sistemas, como lo es el alto grado de complejidad, criticidad y los elevados costos que implica la adquisición, operación y mantenimiento de los sistemas de armas antiaéreos; el requerido entrenamiento militar con un alto grado de tecnicismo, la necesidad de reducir los riesgos en cuanto a la seguridad, tanto del personal como del material; las sucesivas reducciones presupuestarias justificadas por la ausencia de amenazas/hipótesis de conflicto que tienen un impacto en la disminución de las actividades de instrucción y entrenamiento; el sensible problema del impacto ambiental causado

por el desarrollo de ejercicios con tiro real de armas de guerra; el cada vez más difícil acceso a campos de instrucción y de tiro adecuados, debido al crecimiento de las áreas urbanas y al reducido tamaño de los campos de maniobras; junto con la necesidad de actuación de las unidades en diversos escenarios cada vez más complejos, cambiantes y demandantes.

Todos éstos exigen una constante adaptación de las Fuerzas Armadas, en particular de las unidades antiaéreas, con el fin de alcanzar el mayor nivel de entrenamiento posible, justificando la creciente tendencia (actual y futura) al uso intensivo de simuladores en la enseñanza, instrucción y adiestramiento. (Catafesta Neto y Ferreira, 2021)

Sección II

Antecedentes y situación actual de la simulación en el marco nacional.

Respecto de los antecedentes de empleo de sistemas de simulación por parte de las unidades de artillería antiaérea pertenecientes a las Fuerzas Armadas Argentinas, el Ejército adquirió en noviembre de 1981, DOS (2) unidades de fuego (UF) ROLAND II, de origen franco-alemán, un sistema misilístico antiaéreo, de funcionamiento todo tiempo, para la defensa antiaérea contra aeronaves que vuelen en alturas medias y bajas. Junto con este material se dispuso también, del correspondiente simulador de blancos aéreos para el puesto de tiro ROLAND, con el cual los sirvientes permanecían operando en su puesto real y el instructor por medio de una consola de control, programaba los ejercicios y evaluaciones. (Ejército Argentino, 1997)

El simulador de blancos aéreos era un instrumento de instrucción que permitía simular paisajes, ataques aéreos y secuencias de tiro completas, asegurando la formación y el adiestramiento de los operadores de los equipos de la unidad de fuego en las secuencias de tiro, las voces tipo y a sortear las dificultades que el instructor les imponía. Además de simular, de modo real, diferentes ataques aéreos en condiciones múltiples, el simulador de blancos aéreos permitía a los instructores analizar, a posteriori, el comportamiento de los sirvientes de pieza,

y apreciar la calidad de su trabajo (Ejército Argentino, 1997). Básicamente este sistema permitía entrenar a las tripulaciones, en cualquier momento, para combatir blancos aéreos, sin utilizar munición verdadera.

El simulador permitía incorporar en el puesto de tiro todo tipo de amenazas aéreas, contramedidas, escenarios nocturnos o diurnos con diferentes condiciones de visibilidad, lo que resultaba en un alto grado de realismo en la instrucción. Desde el puesto de mando y control del instructor iniciaba la simulación previa elección de los diversos programas de ataque, con los que se representan artificialmente ataques aéreos en las pantallas de radares del jefe de pieza y en la mira óptica del apuntador. El instructor tenía la posibilidad de estimar las reacciones de los operadores y de evaluar los resultados de los tiros efectuados por los mismos. (Barbancho Rivera & García Maranchón, 2012). El entrenamiento de las tripulaciones consistía en aprender, en las condiciones más cercanas a la realidad posible, a operar el puesto de tiro, evaluar la amenaza aérea, perseguir y destruir blancos. Además, este simulador permitía evaluar el nivel de instrucción de la tripulación, e incrementarlo con el adiestramiento en la operación. (Ejército Argentino, 1997). En la actualidad dicho sistema se encuentra desprogramado no habiéndose reemplazado dicha capacidad con otro sistema de similar o mayor prestación.

De similar concepción, lo fue también el simulador tiro del SADA 35 mm OERLIKON CONTRAVES, material que fue adquirido en el año 1980, después de una crisis fronteriza con Chile. Este sistema estaba conformado por dos tipos de simuladores: el simulador de entrenamiento 1 (SE 1) y el 2 (SE 2) para el director de tiro “SKYGUARD”.

El simulador de entrenamiento 1 (SE 1), se encontraba instalado en el propio director de tiro. Para su operación sólo era necesario el reemplazo del cassette de la computadora por el del simulador de entrenamiento 1. De este modo, el entrenamiento del personal se podía

llevar a cabo en el lugar en donde se opera el sistema de armas propiamente dicho, sin necesidad de colocar ningún tipo de extensiones, o cambiar el lugar de emplazamiento. (Ejército Argentino, 1997)

Además, el simulador se podía operar tanto en la posición de fuego, como en los sectores asignadas para su guarda. Los ejercicios con que contaba el simulador, representaban las condiciones reales de presentación de ecos del objetivo simulado en la pantalla del indicador de posición de planta (PPI), un blanco, interferidores sobre el radar, la velocidad de vuelo de aproximación del blanco, reproducción de rutas de vuelo, acción de las armas de abordó. Una vez finalizado el ejercicio, se realizaba la evaluación del operador, con las penalizaciones y la representación gráfica de la trayectoria. (Ejército Argentino, 1997)

Por otro lado, el sistema incluía el simulador de entrenamiento 2 (SE 2) para el director de tiro “SKYGUARD”, el cual contenía los datos de los ejercicios registrados en una cinta magnética (ejercicios) de cuatro pistas. Este permitía el perfeccionamiento del equipo de operadores en la operación de sistema, ampliando y complementando los conocimientos adquiridos en el SE 1. (Ejército Argentino, 1997)

Estos sistemas de simulación, integrados con el material adquirido en aquel entonces, permitían instruir a los operadores en la adquisición de blancos, el seguimiento y la ejecución del tiro. Los resultados obtenidos con esta valiosa preparación, por medio del empleo de los simuladores, fue plasmada en la eficiente actuación de los elementos de defensa antiaérea durante en el Conflicto del Atlántico Sur en 1982, siendo su actuación reconocida por los británicos, y otras personalidades contemporáneas.

Actualmente estos sistemas, de simulación, se encuentran obsoletos e inoperables, respecto del sistema de 35 mm CONTRAVES OERLIKON, principal sistema de armas de dotación actual, en las unidades de artillería antiaérea del Ejército, por cuanto quedó desactualizado en relación a las nuevas versiones adquiridas por la fuerza a partir del Conflicto del Atlántico

Sur, en 1982, y más recientemente en ocasión de brindar protección antiaérea al desarrollo del G-20 en el año 2018. (Piñeiro, 2018)

Ante la necesidad del Ejército Argentino, de contar con sistemas de simulación en el adiestramiento de las tripulaciones y personal de las unidades antiaéreas, a mediados de la década del 90, el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA), concibió la puesta en marcha de un ambicioso plan. Estableciendo un Departamento de Simulación sobre la base de recursos, medios y personal capacitado, con el objetivo de estudiar, analizar y desarrollar sistemas que simulen efectos y procedimientos operacionales a fin de incrementar el nivel del personal en el empleo de los distintos sistemas de armas como también en la toma de decisiones (Guglielmone, 2016).

Se inició entonces, el desarrollo de sistemas de simulación, por ejemplo, el denominado SITARAN II, (Simulador de Tiro para Artillería Antiaérea II). Es un simulador que permite adiestrar y desarrollar destrezas al personal de operadores, apuntador, de los cañones OERLIKON GAI-BO1 de 20 mm, mediante la simulación de objetivos aéreos en vuelo y la ejecución de las diferentes técnicas y procedimientos de ataque y defensa antiaérea en la muy baja cobertura. Este simulador fue diseñado durante el año 2010, siendo presentado formalmente ante el secretario de Planeamiento del Ministerio de Defensa en diciembre del 2011. Actualmente se encuentra provisto en las unidades del arma de Artillería, Infantería y comandos de brigada del Ejército Argentino. El SITARAN II brinda una solución al problema de la carencia de blancos aéreos, munición y la limitada disposición de campos de tiro para artillería antiaérea.

Este novedoso sistema está constituido por un Arma (Cañón Oerlikon 20 mm) - Interfaz cañón – CPU Computadora Monitor del anteojo de puntería - Subsistema de audio - Subsistema de alimentación. Con este simulador, la investigación, el desarrollo y la innovación se configuran como conceptos aplicados que permiten actualizar, mejorar e incrementar el adiestramiento en las unidades de Artillería Antiaérea. Está previsto el desarrollo del prototipo de nivel

sección, el cual permitirá capacitar a la menor fracción orgánica de los cañones en cuestión. Es menester aclarar que los cañones de 20 mm, poseen un alcance efectivo de dos mil metros, cumpliendo su función en la muy baja cobertura, no constituyendo para la artillería antiaérea un armamento factible de empleo para cumplir con su misión efectivamente, a consecuencia de las limitaciones técnicas inherentes al material en cuestión. Sin embargo, será efectivo dentro de la defensa aérea directa activa, como armas complementarias en la ejecución de acciones antiaéreas, en las unidades de las armas, tropas técnicas y servicios, en las que dicho material sea de dotación orgánica, con la finalidad de proporcionarse su propia defensa antiaérea (Ejército Argentino, 2001).

Respecto de la situación en las demás Fuerzas Armadas del país, la Armada Argentina, a modo de antecedentes cuenta en materia de armamento antiaéreo, con el material RBS -70, un moderno sistema de defensa antiaérea portátil de corto alcance, desarrollado por la empresa sueca SAAB. Este sistema es operado en versiones anteriores desde 1984 por la Infantería de Marina de la Armada Argentina, contando con vasta experiencia su personal, favorecido por el empleo del simulador del material, el cual posee un doble propósito, por un lado, el de instruir y adiestrar a los operadores y por el otro, certificarlos en el rol de combate particular.

Recientemente, el 31 de diciembre del año 2020, se publicó en el Boletín Oficial de la República Argentina la contratación directa para la adquisición del sistema SAAB RBS-70 NG. Su incorporación incluye un paquete que va más allá de los lanzadores y los misiles, abarcando además la capacitación del personal de operadores, de mantenimiento y de almacenamiento, un sostén logístico integrado, manuales traducidos al español, y los simuladores-entrenadores, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 20 de la Ley 24.948 de Reestructuración de las FFAA.

En este sentido, ya fueron desarrollados con éxito, cursos de carácter conjunto de capacitación en la operación del sistema de armas a las futuras dotaciones del Ejército y la Fuerza

Aérea que recibirán el material recientemente adquirido, incluyendo clases teóricas, prácticas y ejercicios de simulación.

Por su parte, la Fuerza Aérea Argentina, cuenta con el Centro de simulación y juegos de guerra (CSJG), cuya función es la de evaluar las implicancias técnicas y operativas de Simulación y Juegos de Guerra; así como realizar el desarrollo y actualización de softwares que permitan la ejercitación en la toma de decisiones y el adiestramiento en operaciones aéreas combinadas. Uno de sus desarrollos, relacionado con accionar antiaéreo, es el simulador de Puesto de comando de defensa aérea FIERRO, el cual es operado por personal perteneciente a la Base Aérea Militar Mar del Plata. Éste sistema permite simular la planificación y ejecución en un teatro de operaciones, de las diversas amenazas que puede atravesar un Puesto de comando de defensa antiaérea (PCDA) a la hora de defender un cierto espacio y/o territorio. Se representan tanto las decisiones y actitudes que debería tomar dicho PCDA, así como también las variantes que adquiere una aeronave enemiga o amiga; para luego ser evaluadas en una simulación realizada por el mismo sistema.

Es en este marco, donde el concepto de la simulación y su posterior desarrollo fue evolucionando en nuestro país, convirtiéndose en una inestimable herramienta para el adiestramiento individual y de las fracciones para el combate, cuya importancia, eficacia y valor no siempre fueron adecuadamente dimensionados, y que, con el paso del tiempo se ha percibido la necesidad de evolucionar en su utilización en forma progresiva. (Guglielmone, 2016).

Sección III

Conclusiones Parciales

La simulación de combate tiene como objetivo preparar a los militares para actuar en un entorno operativo real. En la instrucción militar, la simulación representa una excelente forma de entrenamiento para las tropas. Desde hace varias décadas, que los principales ejércitos

del mundo adoptaron la simulación como una herramienta eficiente, segura y económica para un entrenamiento militar de alto nivel a las tropas.

La simulación de combate se presenta como una excelente herramienta para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los avances tecnológicos permitieron el desarrollo de simuladores con un alto grado de realismo, lo que permite un aumento en la efectividad del entrenamiento militar, e incentiva la generación de capacidades militares necesarias para la transformación de una determinada organización con una especialización específica, en este caso, de defensa antiaérea, permitiendo al combatiente interactuar con modernos materiales de uso militar, especialmente al inicio del entrenamiento. De esta manera se facilita el desarrollo de la experiencia, a través de la formación continua, reduciendo los costes y riesgos inherentes a las actividades militares.

La adquisición de sistemas o materiales bélicos complejos, como son los sistemas de armas antiaéreos, con alta tecnología y nivel de sofisticación, exigen inexorablemente un alto grado de instrucción y posterior adiestramiento, de características particulares, netamente técnicas del personal que las opera. Actividades cuya finalidad última resulta del empleo sistémico, continuo y permanente del sistema de armas, por parte de las respectivas tripulaciones y de quienes llevan a cabo la conducción de estas operaciones, para alcanzar la eficacia tanto en el empleo como la ejecución. Para lo cual, la expertiz técnica requerida, la cual incluye tanto a lo individual como a lo colectivo, pueden ser obtenidas y asimiladas rápidamente por medio del uso de simuladores.

En este sentido, se observa el esfuerzo de los Ejércitos de Brasil y Chile, en la adquisición y empleo de simuladores virtuales para la instrucción militar, contribuyendo significativamente al incremento de las capacidades antiaéreas necesarias de sus fuerzas terrestres, a tra-

vés de un entrenamiento continuo. Se destaca la relevancia de la simulación virtual para preparar específicamente a las tropas antiaéreas para los desafíos derivados de los conflictos en el siglo XXI, desarrollando una mentalidad de transformación e innovación constante.

La posibilidad de repetir un proceso tantas veces como sea necesario, analizando errores y corrigiendo, como así también el manejo de diversas variables que el entorno operativo lo presentaría en una situación real de combate, a costos globales bajos y en un ambiente seguro, refuerza el imperativo de que los simuladores son una importante herramienta de enseñanza y formación, primordialmente para las fuerzas armadas de estados con economías delicadas, como son los de la región.

Respecto de Argentina, la importancia estratégica, la necesidad de formación constante, la complejidad de funcionamiento de los subsistemas, así como la constante evolución de los aspectos tecnológicos y operativos de los medios que intervienen en la defensa aeroespacial impone preparación previa y constante. Así, la obtención de medios modernos, como simuladores, permitirá la elaboración y perfeccionamiento de la doctrina, siendo una herramienta primordial para la preparación del combate, ya que permite gestionar y desarrollar operaciones en terrenos ficticios y reales complementando de una manera eficaz la instrucción y el adiestramiento de las unidades militares, siendo relevante para preparar a las fuerzas armadas para los desafíos derivados de los conflictos modernos, desarrollando una mentalidad de transformación e innovación constante.

De lo expuesto, se concluye que la simulación es una forma viable de reducir costos, sin perjuicio del entrenamiento y preparación para el combate. Con las crecientes innovaciones y mejoras de los diferentes tipos de simuladores, la fidelidad aumentará y los beneficios derivados del entrenamiento con estas herramientas serán directamente proporcionales a los avances tecnológicos.

Capítulo III

Consideraciones para la Implementación de un Sistema de Simulación para el Cañón de 35 mm Antiaéreo OERLIKON CONTRAVES

Los procesos de instrucción y el adiestramiento en la operación y ejecución de técnicas y procedimientos de los distintos subsistemas que componen el sistema de artillería antiaéreo se ha beneficiado con la llegada de los simuladores, al facilitar y operativizar el “*know-how*”, concepto que enmarca un claro activo intangible de la organización, siendo aplicable en los estratos operativos y técnicos al agrupar todos los conocimientos necesarios para el logro de un eficaz rendimiento.

Para ello, es necesario considerar una serie de conceptos que orienten el desarrollo y/u obtención de sistemas de simulación, a fin de permitir una coherencia en tiempos, equipos, insumos, recursos humanos, infraestructura e insumos informáticos, de tal manera que permita obtener resultados verificables en pos de los objetivos de adiestramiento planteados.

Es finalidad de éste capítulo, determinar, en primer lugar, los condicionantes que guiarán el desarrollo y obtención de los sistemas de simulación, como así también las características que deberán cumplir y los errores que se han de evitar. Posterior a este análisis, se presenta un posible diseño conceptual de un sistema de simulación para el SAA 35mm.

Este diseño conceptual responde a la primera de las diferentes fases del proceso para la resolución de un problema específico, el cual conlleva crear, o adquirir, un producto nuevo. Su importancia radica en presentar un concepto global, consideraciones, que enmarque el origen del proceso de diseño (Ingeniería del Diseño, 2021) e implementación de un sistema de simulación para el actual y principal sistema de armas de la artillería antiaérea del Ejército.

Sección I

Miramientos para la Adquisición de un Sistema de Simulación.

En las acciones que se suceden en un combate interaccionan los combatientes y las armas por ellos utilizadas, mediante las decisiones de los primeros y los efectos de las segundas, con la clara finalidad de imponer la voluntad por sobre la del oponente. Atento a ello, y haciendo una extrapolación, las maniobras o ejercitaciones que realiza una determinada organización militar, cualquiera sea su nivel, para adiestrarse en los sistemas que le son propios, con el fin de robustecer sus capacidades operacionales específicas, constituyen simulaciones de acciones concretas, que se dan en los combates, y que involucran dicha organización. A partir de este punto, el papel que cumple en la actualidad el empleo de herramientas de simulación en conjunto con las nuevas tecnologías, permiten sustituir la esencia de estas acciones, sea en forma total o parcial, por una aproximación razonable de realismo, que incorpora la mayor parte de los aspectos sobresalientes del mismo, con la posibilidad de repetir acciones ante errores, y suministrando información que permita evaluar resultados para luego aplicar lo que se aprendió en la acción/operación real, obteniendo así las llamadas lecciones aprendidas. Razón por la cual, el empleo de la simulación constituye una tendencia en auge, con la finalidad de contribuir con el adiestramiento, la toma de decisiones, la elaboración de aspectos procedimentales, los que luego serán reflejados en la doctrina respectiva, como así también en la preparación y evaluación de unidades.

Cuando se decide desarrollar o adquirir un sistema de simulación será en función de ciertos factores, siendo uno de ellos la necesidad, en sí misma, de disponer de una herramienta que permita recrear un proceso u operar un equipo determinado ante determinadas limitaciones en su empleo. Los altos costos que supone su operación, la implicancia de riesgos, el impacto medioambiental, los escasos y limitados campos de instrucción, y la necesidad de alcanzar elevados estándares de profesionalismo, constituyen aspectos que en su conjunto exigen una

adaptación en los métodos y técnicas para alcanzar el mayor nivel de adiestramiento, permitiendo la preparación tanto individual como colectiva, en pos de las exigencias de instrucción y adiestramiento particular y específico, para desarrollar o fortalecer competencias.

En el ámbito de las FFAA argentinas, dentro del marco normativo, la Ley 24948, de Reestructuración de las Fuerzas Armadas, en cuanto a la incorporación de nuevo material, en su artículo 19 establece que "...se deberá dar prioridad a aquellos que potencien la capacidad disuasiva, favorezcan la normalización con los ya existentes a nivel conjunto y aporten nuevos desarrollos tecnológicos." (Poder Ejecutivo Nacional, 1998) Adquirir un sistema antiaéreo, en este caso, exige un estudio pormenorizado de las características que dicho material debe reunir, a la luz de las posibilidades económicas del país en cuanto a su adquisición, adiestramiento y mantenimiento, existentes en el mercado internacional. Por otra parte, el artículo 20 de la mencionada ley, también cita que "...la incorporación de sistemas de armas han de incluir la transferencia de la tecnología involucrada y el equipamiento necesario para el adiestramiento operativo simulado."(Poder Ejecutivo Nacional, 1998) Respecto de su adiestramiento, ha de poseer el respectivo simulador que permita operar el material en forma integrada al mismo, tanto en guarnición como en un gabinete o infraestructura habilitada para tal fin, sin incurrir en los elevados gastos que implicarían el empleo del sistema para tal fin. Los manuales técnicos por su parte, deberán estar traducidos al idioma, de manera de facilitar el aprendizaje y elaboración de la doctrina necesariamente resultante para su empleo.

Ante lo mencionado, sistemas de armas complejos, como los empleados por la artillería antiaérea, dada su alta tecnicidad, son acompañados, desde su lugar de fabricación, por un sistema de simulación que replica su funcionamiento normal en condiciones simuladas, para su instrucción y adiestramiento en el empleo del material. A modo de ejemplo, la reciente adquisición del material antiaéreo RBS 70 NG a la empresa sueca SAAB, que incluyen los lanzadores y los misiles, además de la capacitación del personal de operadores, de mantenimiento y de

almacenamiento, un sostén logístico integrado (repuestos y herramientas), manuales traducidos al español, simuladores-entrenadores y accesorios como miras todo tiempo, redes de camuflaje y otros menores.(Piñeiro, defensa.com, 2022)

Sección II

Consideraciones para el Diseño Conceptual de un Sistema de Simulación para el Sistema de Armas Antiaéreo de 35mm.

El Sistema de Defensa Aeroespacial Especifico (SDAE), de acuerdo a las unidades existentes y las características de sus materiales de dotación, solo se encuentra en capacidad de cumplir el rol de defensa antiaérea en la muy baja y baja cobertura. Actualmente, tanto el Grupo de Artillería Antiaéreo 601 (GAA 601) como el Grupo de Artillería Antiaéreo Mixto 602 (GAA Mix 602) poseen como material de dotación el cañón Hispano Suizo de 30 mm y el sistema de artillería antiaéreo (SAA) de 35mm *Oerlikon-Contraves*⁴, cuyas características permiten accionar en todo tiempo, sobre aviones y misiles que vuelan a baja y/o muy baja altura, proporcionando una baja cobertura antiaérea, del tipo local a objetivos puntuales.

Las características de los medios y armas aéreas que intervienen en los actuales conflictos armados: complejas y altamente sofisticadas desde el punto de vista de las tecnologías empleadas; así como el grado de adiestramiento del personal que opera dicho sistema, constituyen puntos centrales a ser abordados, de forma eficiente, para mantener y fortalecer una capacidad operativa aceptable de un sistema de armas antiaéreo, en este caso particular el SAA de 35mm, el cual, a pesar de su prolongado empleo en el ámbito específico, que data desde 1980, y de la experiencia de guerra adquirida en 1982, en la actualidad presenta algunas carencias respecto de su funcionamiento en cuanto a la tecnología que emplea y su capacidad de actualización, lo que implica suplir la misma con un alto nivel de adiestramiento, que permita adquirir un adecuado grado de operatividad respecto de la probable amenaza a enfrentar. Como

⁴ Compuesto por un director de tiro (DT) *Skyguard* y dos cañones bitubo *Oerlikon* 35mm.

cualquier otro sistema de armas antiaéreo, la operación de los diferentes elementos que lo forman es fundamental, y el éxito o fracaso de las operaciones radica en el modo de empleo de los mismos. Para ello, el personal ha de adiestrarse en el empleo de los sistemas, hasta el punto de llegar a automatizar los procesos, teniendo presente siempre el carácter crítico y analítico enfocado a la detección de fallos o errores en su uso.

Ante esto, el principal motivo para plantear y justificar el desarrollo de un sistema de simulación es simple: todos los sistemas de armas de defensa antiaérea, sin excepción, cuentan con un software de simulación, el que permite que las tripulaciones puedan adiestrarse periódicamente, no solo en los ejercicios en los que se despliega el sistema, sino también cuando el material se encuentra en periodos de mantenimiento o reparaciones.

Para el diseño de un simulador acorde se ha de considerar entonces, como características esenciales del sistema de simulación; la interoperabilidad, que permita la integración con otros simuladores, posibilitando la conexión e intercambio de información en tiempo real. Esto puede darse básicamente entre los sistemas de alarma temprana y el sistema de armas, integrando los simuladores de unidades de fuego (UUF), con su respectivo director de tiro, para el caso del cañón de 35mm, conformando una sección; y éste, a su vez, con un simulador de puesto de comando de defensa antiaérea (PCDA) o centro de información y control (CIC), definiendo así una red integrada que facilite el fortalecimiento de capacidades del sistema en un escenario simulado.

Otra característica esencial es la capacidad de actualización, poseer una base de datos que posibilite una continua revisión y modernización respecto de los eventos, escenarios y ambientes que se modelan y presentan, proporcionando al usuario una experiencia real en cuanto al desarrollo de técnicas y procedimientos propios, a la luz de la ecuación velocidad tiempo, lo que permitirá el adiestramiento en situaciones complejas, de manera tal que la transición de la simulación a la realidad no produzca desfases que induzcan un concepto erróneo.

Otra consideración importante a tener en cuenta, es el hecho de contemplar todos los elementos estructurales (instalaciones físicas, equipos y servicios de mantenimiento) que aseguren el correcto funcionamiento. Del mismo modo, los procesos de modernización, a través de un respaldo y soporte, por medios orgánicos o externos a la institución, que respondan a los requerimientos y necesidades técnicas de actualización, o evolución del mismo, como resultado del avance de la tecnología y de las capacidades que proporcionan los sistemas de información y las comunicaciones. (Gobierno de España, 2011)

Por otra parte, es indispensable determinar las funciones que éste sistema puede cumplir, a fin de poder definir claramente cuáles son las funcionalidades que un *software* de simulación ha de ofrecer en pos de proporcionar un ambiente modelado, con un grado de realismo, que facilite el adiestramiento de forma útil y lo más parecido al entorno real.

A tal fin, el DT *Skyguard*, dadas sus características constructivas, puede cumplir, en resumidos puntos, con los siguientes cometidos:

- 1) Detección y adquisición de un objetivo aéreo a baja y muy baja altura, hasta una distancia aproximada de 17 km mediante su radar de exploración; o mediante el apuntador óptico (AO) para todos aquellos blancos que surjan repetitivamente y a cortas distancias.
- 2) Persecución automática de un objetivo aéreo mediante radar o TV.
- 3) Persecución manual de un objetivo aéreo mediante la palanca de mando (JOYSTICK) y la TV.
- 4) Determinación de los ángulos verticales y horizontales para el control de hasta tres Cñ(s) o dos Cñ(s) y un lanzador de misiles.
- 5) Lanzamiento o accionamiento del tiro de las piezas integradas, sobre una amenaza aérea, mediante un pulsador, a partir de los 4000 metros.

Respecto de la unidad de fuego (UF), los cañones de 35mm, estos presentan dos modos de funcionamiento: uno “manual”, empleado en caso de funcionar como pieza aislada, no integrada al DT, con el que su capacidad se reducirá a actuar contra objetivos aéreos que ataquen directamente a la pieza, pudiendo operar tanto con mando local, y mediante el empleo del visor XABA para realizar la puntería. Y el otro, es el modo “automático”, en el cual la pieza se encuentra integrada y sigue en forma continua los datos calculados por el DT, siendo el disparo realizado a través del pulsador de fuego desde el DT, sin la intervención del apuntador.

Relacionado con esto último, se puede inferir sobre la necesidad de desarrollar dos sistemas de simulación, uno para el DT y otro para la UF, de manera de permitir el adiestramiento tanto del apuntador como del operador del director de tiro. Para el caso del primero, adquirirá vital importancia la ejecución de la puntería sobre distintos blancos aéreos y con diferentes disposiciones respecto los apuntadores, además del tiempo de exposición de los blancos aéreos, el cual será escaso, exigiendo rápidas reacciones. Por su parte, el segundo ha de contemplar el empleo de vectores con una escala, velocidad y maniobrabilidad que represente al apuntador (DT) la silueta de ese móvil aéreo a las distancias máximas de tiro, que impongan una cierta exigencia tanto para ejecutar el seguimiento como así también la práctica del tiro.

Sin embargo, al ser un sistema de armas que opera en forma integrada, el simulador a considerar, ha de responder a un criterio de multiplataforma, que permita integrar, en base a las características conjuntas del SAA de 35 mm, y desarrollar aún más las capacidades existentes, mediante el adiestramiento completo de todos los puestos tácticos definidos en la composición orgánica del sistema de armas, así como la posibilidad de generar escenarios aleatorios y una evaluación de los operarios tanto en la puesta en funcionamiento como en el desarrollo del combate contra una amenaza aérea.

Un posible diseño conceptual a ser considerado, se basa en un sistema de simulación adaptado a equipos informáticos actuales que puedan ser empleados dentro de un complejo,

aulario, de simulación, que contemple a todos los puestos tácticos del sistema, operables físicamente sin la necesidad de emplear o conectar el sistema propiamente dicho. Esta aula de simulación estaría diseñada de forma que, cada puesto, tanto el del apuntador del cañón como el operador del DT, sea simulado en su totalidad con todos los componentes básicos que lo forman: interruptores, consolas, joysticks; siendo completados e integrados por un *software* de simulación, el cual gestione los diferentes ambientes y escenarios tácticos, mediante las diferentes configuraciones de simulación, previamente preestablecidas por un operador del simulador. Esto permitiría el adiestramiento del sistema de armas de 35mm en condiciones operativas, simuladas, de forma integrada, en la aplicación de los procedimientos y técnicas de empleo, permitiendo, a su vez, la evaluación externa del desempeño del sistema completo. Paralelo, este *software* de simulación debe reproducir, mediante un programa informático y en tiempo real, situaciones de combate, que permitan la ejecución de las funciones antes mencionadas, de acuerdo a los ejercicios planteados, integrando tanto el modo de operación local como el remoto, simulando las incursiones de diferentes tipos de amenazas aéreas y las secuencias de tiro completas.

Los empleos de estos sistemas de entrenamiento estarán acompañados de una etapa de retroalimentación, en la que tanto los instructores como los operadores tengan la posibilidad de analizar la actividad que se ha llevado a cabo, sus puntos fuertes y los aspectos a mejorar. En este punto, es importante contar con sistemas de simulación que posibiliten dicho análisis, por medio de herramientas que brinden información del desempeño del usuario/operador en el entorno simulado. (Carrillo & Ortega, 2012)

Este sistema de simulación particular, debe responder al concepto de evolución tecnológica, desarrollado en función de bases tecnológicas (*software*) de diseño estándar, que posibilitará explotarlo en sus capacidades en un futuro a mediano plazo, como así también su ac-

tualización en caso de necesidad. Este concepto, traerá aparejado otro de más relevancia nombrado precedentemente, que es el de la interoperabilidad, posibilitando la interconexión con otros simuladores de los diferentes subsistemas correspondientes a la artillería antiaérea como, por ejemplo, el del subsistema de alarma temprana o de comando y control o ambos.

Desde el punto de vista organizacional, los simuladores deberán ser administrados/regularados bajo la responsabilidad de un único elemento, a fin de unificar los criterios de empleo, administración y principalmente de mantenimiento. Asimismo, promoverá y coordinará el estudio y desarrollo de la doctrina tanto específica como conjunta, a través de las lecciones identificadas y vacíos doctrinarios. Para ello será necesario contar con una infraestructura que posibilite la centralización de los medios de simulación, con el objeto de optimizar el rendimiento de los mismos. Los simuladores exigen un alto grado de especialización tanto para la operación como para el mantenimiento, por lo que requerirá de personal expresamente designado como responsable principal de los equipos.

Sección III

Conclusiones Parciales

La importancia estratégica, la necesidad de formación constante, la complejidad de la operación de los subsistemas, así como la constante evolución tecnológica y operativa de los medios involucrados en la Defensa Aeroespacial, requiere una preparación previa y constante. Por tal razón, la opción de adquirir medios modernos de simulación para el entrenamiento permitirá a los elementos de artillería antiaérea incrementar el grado de capacitación aumentando la eficiencia de la organización.

Es en este marco, la opción de adquirir o desarrollar medios de simulación para el adiestramiento del personal de un elemento de artillería antiaérea se contempla como una herramienta que permite alcanzar un adecuado nivel tanto de instrucción como de adiestramiento, a costos y riesgos mínimos.

Sin embargo, para que esto sea factible es necesario tener en cuenta un conjunto de conceptos que guiarán el proceso de desarrollo y obtención de un sistema de simulación. Como se ha descrito anteriormente, dentro de este conjunto de preceptos podemos mencionar, el realismo, como la norma esencial a satisfacer, ya que su calidad se medirá por el grado de realismo que se pueda conseguir.

Asimismo, que sean económicos, que logre su propósito con los menores costos posibles, seguros, tanto para el personal como para el material, y que puedan adaptarse y evolucionar tecnológicamente, a fin de adecuarse a los cambios y necesidades. Por último, que sean interoperables, capaces de integrarse con otros sistemas de simulación o simuladores, explotando de este modo, las capacidades de esta potente herramienta.

Particularmente, para el sistema de armas de defensa antiaérea de 35mm *Oerlikon Contraves*, se propone un simulador virtual, justificado en función de los costos que implica y la fidelidad de la realidad que otorga. El desarrollo o adquisición de un sistema de simulación virtual de AA posibilitaría un entrenamiento efectivo, posibilitando realizar más veces la misma acción y corrigiendo las fallas anteriores, de igual forma, reproducir una situación que posibilite variar las condiciones desde el nivel óptimo de operación hasta las condiciones más adversas, de manera que se pueda practicar su actuación en diferentes circunstancias e incrementar así sus capacidades, con costos y riesgos reducidos.

Conclusiones Finales

Desde hace un tiempo considerable, el desarrollo y aplicación de sistemas de simulación en el ámbito militar ha significado una herramienta eficiente, segura y económica para un adiestramiento militar de alto nivel para sus efectivos. El avance de la tecnología a lo largo de las últimas décadas ha aumentado las posibilidades de empleo de este tipo de herramienta, evidenciando cada vez más, efectividad, realismo y valor agregado al proceso de adiestramiento militar.

El valor de esta poderosa herramienta es incuestionable y la experiencia a nivel mundial da prueba de ello, siendo uno de los pilares básicos sobre los que se asienta cualquier capacidad militar para conseguir una adecuada efectividad operativa, con un importante ahorro de tiempo y recursos y reducción de riesgos, al evitar prácticas inadecuadas y contraproducentes. En este sentido, la simulación se ha convertido en una herramienta imprescindible en la preparación para el combate.

A menudo las necesidades de adiestramiento implican actividades complicadas, con inversiones de cierto volumen, desgaste de los materiales y, con frecuencia, riesgos para el personal. Los recortes presupuestarios experimentados en los últimos años, y con cierta proyección en el futuro inmediato, obligan a recurrir cada vez más a técnicas de simulación para minimizar el impacto en el adiestramiento de las fuerzas armadas.

Ante esta realidad, los simuladores suponen un valioso complemento, al permitir practicar y experimentar tácticas, técnicas y procedimientos de manera virtual. Todo en un ambiente tecnológico y estratégico adaptado a las necesidades del contexto operativo del siglo XXI. Para ello, un sistema de simulación proporciona un entorno simulado en el que se puede realizar gran número de ejercicios en diferentes ambientes operativos, adaptados al nivel de adiestramiento y objetivos particulares de cada Unidad, consiguiendo la más alta operatividad, em-

pleando todo tipo y cantidad de munición, con total seguridad, pudiendo repetirse indefinidamente un ejercicio y evitando los costos que de ello derivan. En definitiva, un simulador es un aparato capaz de reproducir las condiciones de un fenómeno, mecanismo o acontecimiento para permitir la enseñanza, el adiestramiento y que el hombre se habitúe a la realidad a la que, en un momento dado, deberá enfrentarse.

La simulación virtual, como herramienta, está orientada al entrenamiento militar, demostrando científicamente beneficios relacionados a la calidad y rendimiento, en función de la óptima explotación de equipos y medios. Sin embargo, es preciso aclarar que, la preservación de los medios y la elevación de los estándares de seguridad en la instrucción, así como la economía de recursos, no se caracterizan por el exclusivo entrenamiento mediante sistemas de simulación y el abandono de la actividad real, sino que por el contrario, esto se logrará a través de la operación eficiente y segura de los medios a disposición en ambiente real, previo al cumplimiento de los estándares mínimos de desempeño en los sistemas de simulación. El empleo de éstos puede facilitar la asimilación cognitiva de ciertos procesos y/o situaciones críticas para con el uso táctico del material, a la vez que puede ser considerada como una herramienta para conducir un determinado proceso de instrucción y entrenamiento, con el objetivo de alcanzar un adecuado nivel de entrenamiento y nunca debe ser considerada como la solución por sí misma.

Respecto de la artillería antiaérea, no es la excepción, dada la exigencia de una gradual y permanente instrucción del personal involucrado para mantener una adecuada capacidad técnica - táctica nivel operativo. Sin embargo, para ejecutar los métodos tradicionales de entrenamiento, los elementos antiaéreos deben hacer frente a exigentes desafíos logísticos, geográficos y de personal en pos de satisfacer procedimientos técnicos específicos. Es en este contexto, y ante la necesidad de contar con recursos humanos calificados, que se contempla la simulación como una herramienta viable para el entrenamiento del personal antiaéreo.

Claramente, la balanza se inclina a favor de los beneficios que hacen que la simulación sea tan necesaria y efectiva, como el ahorro de recursos financieros, al optimizar el uso de la munición real, reducir los gastos de desplazamientos hacia los campos de instrucción, siendo éstos últimos cada vez más restringidos, y la consiguiente economía de la actividad logística de mantenimiento, permitiendo repetir procedimientos técnicos, los que de otra forma implicarían un excesivo gasto e innumerables coordinaciones, con la posibilidad de controlar variables, como el enemigo y el clima, y de esta forma lograr una retroalimentación inmediata y precisa de las ejercitaciones realizadas. De igual forma, sucede con la reducción de riesgos (accidentes/incidentes) inherentes al adiestramiento; la mayor eficacia en la instrucción del personal; y la optimización del tiempo invertido en la misma. Otro aspecto importante a considerar, que en los últimos años ha adquirido cierta relevancia, es la preservación del medio ambiente ante el efecto causado por la ejecución del tiro antiaéreo.

Ante estos beneficios, varias fuerzas armadas de referencia a nivel mundial cuentan con centros de simulación de artillería antiaérea, algunos a nivel conjunto, con la finalidad de incrementar y perfeccionar la instrucción y el adiestramiento de las unidades antiaéreas. En el ámbito regional, se ha mencionado a la República Federativa del Brasil y a Chile, destacándose por disponer de un elevado progreso en la infraestructura y políticas de desarrollo, adquisición y empleo de sistemas de simulación de armas antiaéreas.

En cuanto a nuestro país, el empleo de simuladores ha adquirido en los últimos tiempos una relativa importancia, al considerar su empleo como un medio que contribuye a elevar los estándares mínimos definidos en los objetivos establecidos para la instrucción y adiestramiento, que en ocasiones resultan desestimados ante la dificultad de ejecutar los procedimientos con los materiales y equipos reales, como resultado de las reducciones presupuestarias. Del mismo modo, ante las crecientes innovaciones y mejoras de los diferentes tipos de simuladores,

sucede al contemplar los beneficios derivados de la formación, los que con estas herramientas será directamente proporcional a los avances tecnológicos.

Los sistemas de simulación han dejado de ser una simple ayuda deseable para convertirse en una auténtica necesidad en los campos operativo y técnico, ya que han aumentado la eficacia de la formación, permitiendo la capacitación en condiciones altamente realistas y más intensas que la que se logra en los sistemas y equipos reales y ello en un entorno de aprendizaje seguro y conveniente. La fidelidad que se logra con estos aparatos permite que el instructor pueda evaluar con una alta confiabilidad el comportamiento observado en el simulador y predecir su correcta transferencia a los sistemas reales.

Ante todo, lo anteriormente expuesto, la simulación se presenta como una solución factible a implementar, dado por la relación costo-beneficio que proporciona su empleo permitiendo alcanzar un nivel de desempeño satisfactorio en un menor tiempo y costo que los entrenados por los métodos tradicionales.

Particularmente, para el sistema de armas de defensa antiaérea de 35mm Oerlikon Contraves, se propuso un simulador virtual, justificado en función de los costos que implica y la fidelidad de la realidad que otorga. El desarrollo o adquisición de un sistema de simulación virtual de AA posibilitaría un entrenamiento efectivo, permitiendo realizar más veces la misma acción y corrigiendo las fallas anteriores, de igual forma, reproducir una situación que posibilite variar las condiciones desde el nivel óptimo de operación hasta las condiciones más adversas, de manera que se pueda practicar su actuación en diferentes circunstancias e incrementar así sus capacidades. De igual forma, que permita integrarse con otros medios de simulación de los subsistemas de AA, existentes y en desarrollo, con el objetivo de promover la simulación integrada de los subsistemas de armas, control y alerta y comunicaciones. Todo esto, destaca la necesidad de ampliar las posibilidades en el empleo de la simulación, en un contexto más amplio, simulando operaciones reales, centrándose en la práctica y en el empleo simultáneo de

los diferentes subsistemas de la AA. Logrando de esta manera, multiplicar las ventajas de simular.

Este sistema de simulación estaría conformado, en una primera instancia por el subsistema de armas de la AA (Cñ 35 mm *Oerlikon Contraves*) por medio de simuladores virtuales, en salas específicas e integradas, utilizando equipos similares a los de la dotación orgánica, con las mismas características físicas y operativas. Como segunda instancia, y gracias a esta integración, contando con simuladores interoperables, desarrollar simuladores para dar respuestas a las necesidades de los demás subsistemas que componen la defensa antiaérea.

De esta forma, un Grupo de Artillería Antiaérea podrá realizar ejercicios de simulación integrando a todos sus subsistemas, de forma flexible y modular, como si estuvieran en el campo real. Este entrenamiento permite optimizar procedimientos, realizar repeticiones sin costos adicionales e innumerables disparos con munición de alto valor, además de evaluar la conducta del personal militar involucrado.

Los simuladores del subsistema de armas, deberán satisfacer ciertas condiciones a fin de asegurar un óptimo resultado y, permitir de esta manera ser considerado como una solución real a los problemas actuales de adiestramiento de los elementos antiaéreos. Además de corresponder a un tipo de simulador virtual, deberá posibilitar ejecutar las ejercitaciones en un entorno compatible con el concepto de realismo, aproximándose lo máximo como sea posible a los medios verdaderos, reproduciendo de este modo, diferentes escenarios desde los más simples a los más complejos.

De igual forma, poseer la capacidad de permitir adquirir las distintas experiencias a bajos costos y sin riesgos, posibilitar el control en las distintas reproducciones de las situaciones, con la capacidad de realizar una retroalimentación inmediata que permita verificar los procedimientos realizados, diagnosticar fallas e intervenir en los ejercicios, con el objetivo de promover las correcciones necesarias para la evolución del aprendizaje.

El sistema de simulación particular, debe responder al concepto de evolución tecnológica, con un diseño estándar, permitiendo su actualización en el futuro en función de las necesidades, asimismo que sean interoperables, posibilitando la interconexión con otros simuladores de los diferentes subsistemas antiaéreos.

Desde la perspectiva de la organización, será necesario contar con una infraestructura que viabilice la centralización de los medios de simulación, con personal especializado tanto para la operación como para el mantenimiento, contribuyendo al logro de la eficiencia en el empleo de estas tecnologías. En relación a esto, se expresó la necesidad, sobre la base de estructuras existentes, de formar, acorde a los procesos educativos de formación, perfeccionamiento y adiestramiento a nivel conjunto, y sobre la base de considerar que la defensa aeroespacial es una actividad netamente conjunta, un Centro de Instrucción y Adiestramiento Conjunto, responsable de operar y mantener los simuladores de artillería antiaérea, para la instrucción y adiestramiento de las unidades de artillería antiaérea del Ejército, de la Fuerza Aérea y la Armada que dispongan del material real correspondiente a dichos simuladores, incrementando la calidad del adiestramiento de las unidades antiaéreas, y proporcionando una instancia para resolver situaciones que pueden encontrarse en el mundo exterior, permitiendo repetir procedimientos y extraer lecciones a ser consideradas a posteriori en el empleo del material en operaciones reales. Tras la actividad de entrenamiento en el simulador, el personal estará preparado para realizar el tiro real en el campo, que sería el último paso para culminar el ciclo de instrucción.

Es importante poner en relieve que, la simulación no pretende sustituir el tiro real, sino permitir un mejor entrenamiento y la práctica de ejercicios que no se suelen realizar a causa de múltiples variables analizadas anteriormente. Los simuladores constituyen una valiosa herramienta en el proceso de instrucción, entrenamiento y mantención de la eficiencia operativa,

también es verdad que no garantiza “per se” un perfeccionamiento del aprendizaje; necesariamente su uso debe realizarse en forma adecuada para que llegue a ser un verdadero y significativo aporte al proceso de enseñanza-aprendizaje. Nada representa cabal ni exactamente una solución total, ni nada está exento de presentar efectos inesperados y en ocasiones adversos y, por cierto, los simuladores no constituyen una excepción a esta regla, por lo que sería un error considerarlos como un sustituto total del entrenamiento ya que solo constituyen un complemento.

Finalmente, el adiestramiento militar es el objetivo, la simulación es la herramienta. La simulación virtual es sin duda una importante herramienta para concretar y complementar procesos que requieren de esta tecnología para lograr un alto nivel de entrenamiento militar.

Referencias

- Albornoz, J. (2019). *Ejército Virtual, Desafíos de Tecnología de Simulación desde el Ejército de Chile*. Colección de ensayos de la Academia Politécnica Militar del Ejército de Chile.
- Álvarez, J. (2018). *Kriegsspiel, el juego de mesa que entrenó a los oficiales prusianos para ganar la guerra con Francia*. <https://www.labrujulaverde.com/2018/05/kriegsspiel-el-juego-de-mesa-que-entreno-a-los-oficiales-prusianos-para-ganar-la-guerra-con-francia>.
- Álvaro, C. (2018). *Los simuladores de tiro de la Academia de Artillería: un videojuego a lo grande*. <https://www.elnortedecastilla.es/segovia/simuladores-tiro-academia-20180525214539-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elnortedecastilla.es%2Fsegovia%2Fsimuladores-tiro-academia-20180525214539-nt.html>.
- Bastos Jr., P & Moralez, P. (2020). *Los desafíos de la defensa antiaérea del Ejército Brasileño: Parte 1 – Presente*. <https://www.zona-militar.com/2020/12/28/los-desafios-de-la-defensa>.
- Barbancho Rivera, J & García Maranchón, J. (2012). Simulación: El simulador de blancos aéreos, digital, sistema Roland (SDR). Memorial de Artillería N° 168, 65-72.
- Bonilla, J. (2016). El mayor simulador militar de América Latina. Obtenido de SIMAF. <https://www.defensa.com/brasil/simaf-mayor-simulador-militar-america-latina>.
- Bruno Santos, B. (2017). *El uso del Simulador AE Gepard 1A2 VBC en doma clásica, como mitigación en la degradación del Medio Ambiente*.
- Caffrey, M. (2000). *Toward a History Based Doctrine for Wargaming*. Documento. Department of Defense, the United States Air Force.
- Carrillo, P & Ortega, L. (2012). *Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software para juegos de guerra*.

- Catafesta Neto, E. (2021). *El uso del simulador de defensa antiaérea RBS 70 en el proceso de enseñanza aprendizaje*.
- Catalán, A. (2017). *La simulación histórica y la historia militar*.
- Centro de simulación y Juegos de guerra (CSJG) (s.f).
<https://www.argentina.gob.ar/fuerzaaerea/direccion-general-de-investigacion-y-desarrollo/centro-de-simulacion-y-juego-de-guerra-csjg>.
- Cortina, G. (2022). *Capacidades tecnológicas de la simulación militar*.
<https://www.hispaviacion.es/capacidades-tecnologicas-la-simulacion-militar/>.
- Couto Junior, M. (2003). *La simulación de combate de artillería antiaérea*. Trabajo final de curso. Escuela de Perfeccionamiento de Oficiales.
- Defensa.com. (2015). *El Tercer Grupo de Defensa Aérea de la FAB inaugura el simulador del Sistema de Armas Antiaéreas IGLA-S, KONUS*. <https://www.defensa.com/america-latina/tercer-grupo-defensa-aerea-fab-inaugura-simulador-sistema-armas>.
- Defensa.net. (2016). *La intensificación del combate simulado en el escenario mundial*. *defensa.net*. Obtenido de: <https://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23094/A-Intensificacao-do-Combate-Simulado-no-Cenario-Mundial/>.
- Ejército Argentino. (1995). *Manual de Medios Auxiliares para la Educación*. (MFP - 51 - 03).
- Ejército Argentino. (1997). *Tiro de Artillería Antiaérea - Tomo II -Elementos Auxiliares para el Tiro*. (RFP 03-61-II).
- Ejército Argentino. (2001). *Conducción de Artillería Antiaérea*. (ROD – 03 – 61).
- Ejército Argentino. (2015). *Conducción para las Fuerzas Terrestres*. (ROB – 00 – 01).
- Ejército Argentino. (2020). *Didáctica Especial Militar*. (RFD – 51 – 03).
- Ejército Argentino. (2020). *Educación en el Ejército*. (RFD – 51 – 01).
- Ejército Brasileño. (2014). *Funcionamiento del sistema GEPARD 1A2 - EB60-ME-23.016*.
Brasilia.

- Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas. (2016). *Defensa Aeroespacial Integral – Proyecto*. (PC 13-05).
- Fernández, T. (2004). *Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea*.
https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/moltke_helmuth_von.htm.
- Friedrich, V. (2018). *Revista de Marina*. <https://revistamarina.cl/es/articulo/sistemas-de-simulacion-en-vivo-un-complemento-al-entrenamiento-de-combate>.
- Garay Acevedo, C. (2012). *Juegos de simulación como método de defensa en la guerra*. General José María Córdova, 10, 242.
- García, N. (2017). *Los simuladores del Mistral, la mejor baza de Chile para entrenar a su 1ª Brigada Acorazada*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3075476/simuladores-mistral-mejor-baza-chile-entrenar-1-brigada-acorazada>.
- García, N. (2019). *MBDA ofrece al Ejército de Chile la modernización del sistema 'Mistral'*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3131126/mbda-ofrece-ejercito-chile-modernizacion-sistema-039mistral-039>.
- García, N. (2020). *El Ejército de Chile se adiestra en el lanzamiento de misiles Mistral de MBDA*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124374/ejercito-chile-adiestra-lanzamiento-misiles-mistral-mbda>.
- Gil, I. (2021). *El primer simulador de vuelo*. <https://www.transponder1200.com/link-o-blue-box-el-primer-simulador-de-vuelo/>.
- Gobierno de España. (2018). *Jornada tecnológica: simulación en el ámbito de la defensa*.
- Gobierno de España. (2021). Instrucción y adiestramiento en el Centro Antiaéreo de Simulación (CAS) en Segovia.
https://ejercito.defensa.gob.es/en/unidades/Las_Palmas/raaa94/Noticias/2021/Instruccion_y_adiestramiento_en_el_centro_antiaereo_de_simulacion_en_Segovia.html.

- Guglielmone, J. (2016). Los sistemas de simulación: otra forma para entrenar para el combate. TEC1000: Estudios de vigilancia y prospectiva tecnológica en el área de defensa y seguridad, 99-112.
- Kleber Soares, J. (2018). *El uso de simuladores como facilitador en el proceso de aprendizaje en la formación del operador del sistema VBC AAE GEPAR IA2*.
- Ley Nro 24.948. (1998). Fuerzas Armadas – Restructuración. Boletín Oficial de la República Argentina del 08 de abril de 1998.
- Llamas, J. (2018). *La simulación en el ámbito del Ejército de Tierra. MADOC*.
<https://www.tecnologiainnovacion.defensa.gob.es/Lists/Publicaciones>.
- Ministry of Defense UK. (2017). *Wargamig Handbook*.
- Morillo, Y. (2020). *Tipos de realidad virtual: su clasificación según el grado de inmersión*.
https://futuroelectrico.com/tipos-de-realidad-virtual/#Realidad_virtual_no_inmersiva
- Peñas, L. (2019). *Los Juegos de Guerra como Instrumento de Entrenamiento y Análisis Militar: Del Kriegsspiel a la Segunda Guerra Mundial*.
- Piñeiro, L. (2018). *Director de tiro Skyguard para el Ejército Argentino*:
<https://www.defensa.com/argentina/director-tiro-skyguard-para-ejercito-argentino>.
- Redacción EALDE. (2020). *En qué consiste el método de simulación de Monte Carlo*.
<https://www.ealde.es/metodo-simulacion-monte-carlo/>.
- Ríos Negrete, E. (2016). *Historia de la simulación*.
- Rosoboronexport. (2022). *Rosoboronexport - Russian Defence Export*. <https://roe.ru/esp/>.
- Rumiche Salinas, J. (2021). *El uso de simulación de combate para apoyar la doctrina de Artillería Antiaérea mediante la implementación de un Programa Estratégico en el Ejército del Perú*. Trabajo final de curso. Escuela Militar de Chorrillos.
- SAAB DINÁMICA AB. RBS 70. (2014). *Manual del sistema de unidades de disparo y capacitación Manual de instrucciones del equipo*.

- SAAB. (2016). *RBS 70 NG: Protegiendo su espacio aéreo*.
https://www.saab.com/globalassets/markets/brazil/saab-do-brasil/sitdef-2021/pdf-brochures/2019.09.30_specsheet_rbs70ng_esp.pdf.
- SAAB. (2020). *RBS 70 NG*. <https://www.saab.com/products/rbs-70-ng>.
- Saunders, D & Powell, T. (1998). *Developing a European media simulation through new information and Communication technologies*.
- Silva, F. (2020). *El uso de la simulación de combate en apoyo de la doctrina de Artillería Antiaérea después de la implementación del Programa del Ejército de Defensa Aérea Estratégica*.
- Silva, A. (2021). *O emprego do simulador virtual do RBS 70*. <http://roe.ru/esp/catalog/defensa-aerea/sistemas-de-misiles-antia%C3%A9reos-e-instalaciones/igla-s/>.
- Torres, O. (1998). *Simulación en la Academia de Guerra Naval*. <https://revistamarina.cl/revistas/1988/4/torres.pdf>.
- Zaracho, S. (2022). *La Defensa Antiaérea en la Cobertura Media, una Necesidad, Concreta y Específica, Postergada*. Trabajo final integrador. Escuela Superior de Guerra.