



Trabajo Fin de Grado

PROPUESTA DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA EL SISTEMA DE ARMAS HAWK

Autor

CAC. ART. D. Enrique Martín García

Director/es

Director académico: Dr. D. Jorge Alberto Jover Galtier

Director militar: Tte. D. Sergio Moreno Romero

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2020

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Ángel, por haber sido siempre mi fuente de motivación personal. Animándome e inspirándome cuando no parecía haber solución a los problemas que se iban planteando.

A mis padres África y Javier, por haber sido siempre el pilar fundamental de apoyo en los malos momentos. Escuchándome y ofreciéndome su ayuda cuando más lo necesitaba.

A mis tutores, sin su ayuda, dedicación, consejo y paciencia no habría podido elaborar el presente trabajo.

A todo el personal perteneciente a la 2^a Batería HAWK del GAAA I/74, por su aceptación, cariño y experiencia. Con ellos he convivido y experimentado mis primeras sensaciones como Oficial del Ejército de Tierra, algo que nunca olvidaré.

Muchas gracias a todos.

..

RESUMEN

El sistema de armas HAWK, empleado el RAAA 74, ha mantenido su vida útil durante más de 45 años. Las características del combate actual, así como el nivel de instrucción del personal que opera dicho sistema, son puntos que se deben abordar de forma eficiente si se quiere mantener una operatividad aceptable del sistema. Actualmente, los sistemas de combate aéreos poseen innovadores y complejos elementos de combate, desde misiles de última generación a eficientes radares con un extenso abanico de exploración y detección. Las características del sistema de armas HAWK, permiten hacer frente a este tipo de amenazas desde una distancia de hasta cuarenta kilómetros misil y cien kilómetros radar, proporcionando cobertura antiaérea a otros sistemas de armas con los que se complementa. A pesar de su prolongado uso, el sistema presenta algunas carencias, ya que su funcionamiento basa su funcionamiento en procesos analógicos, distintos a los que emplean actualmente las aeronaves, por lo que mantiene unas capacidades de combate que en numerosas ocasiones hace difícil la defensa contra este tipo de sistemas. En la actualidad, el funcionamiento y operatividad del sistema está basado en un alto grado de instrucción y nivel de operación, ya que, la falta de tecnología ha de ser suplida con un alto nivel de entrenamiento. Con el objetivo de actualizar los sistemas de entrenamiento, el presente trabajo lleva a cabo un estudio para el diseño de un modelo de *software* de simulación adaptado a la situación actual de las unidades dando prioridad a los campos de la instrucción individual y colectiva de los operarios, minimizando los costes derivados de su desarrollo y siendo adaptado a los actuales sistemas informáticos.

El motivo principal del desarrollo del *software* de simulación es simple, todos los sistemas de armas misil de defensa antiaérea cuentan con un *software* de simulación, más o menos actualizado pero en servicio. Ello 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 períodos de mantenimiento o reparaciones. Con el objetivo de actualizar el sistema HAWK a unas capacidades básicas en el año 2020, el objetivo final de este trabajo es la presentación de un aula de simulación completa, con todos los puestos tácticos del sistema, operables físicamente sin conectar el sistema propiamente dicho. La sala de simulación estaría diseñada de forma que, cada puesto será simulado en su totalidad con todos los componentes que lo forman (botonería, consolas, joysticks), todos ellos elementos fácilmente conseguibles en el mercado a un bajo coste. Deberá ser completado por un *software* de simulación, el cual estaría encargado del desarrollo del ambiente táctico y las diferentes configuraciones de simulación, pudiendo ser instalado en una dependencia de las unidades que operan este sistema de armas. Este nuevo simulador permitiría la participación del sistema de armas HAWK en maniobras internacionales de simulación en las que solo participan simuladores de sistemas de armas junto con sus tripulaciones, evaluados de forma externa y que permiten una agilidad superior en su desarrollo y una reducción considerable en la huella logística de estas actividades. Es conocido el caso de la necesidad del desarrollo de *softwares* de simulación de forma ágil y sin previa planificación por la necesidad de participación en este tipo de maniobras. De esta forma, el sistema ya contaría con dicha capacidad y su desarrollo no supondría un problema ni un gasto elevado.

Para el desarrollo de la propuesta del *software* se ha realizado un análisis en profundidad de las carencias del sistema de simulación que emplea el SAM HAWK. A todo ello se han sumado las aportaciones del personal operador que trabaja día a día con el sistema de armas. Tras la selección y filtrado de esta información se ha procedido al diseño de todas las funcionalidades que debe ofrecer el *software* para que la experiencia de simulación sea lo más real posible, permitiendo al mismo tiempo el aprendizaje y la instrucción de una forma útil, lo más parecida al entorno real. Para afianzar todos los aspectos que se han añadido al *software*, se ha realizado un estudio de calidad basado en el análisis de los riesgos que puede sufrir el desarrollo de un sistema de simulación de estas características. Tras ello se pudo concluir que con una planificación previa controlada por un equipo de gestión del desarrollo, muchos de ellos podían reducir su impacto, lo que deriva en una propuesta factible y fácil de llevar a cabo.

La innovación es algo que siempre ha marcado la forma de proceder de los mejores. Por ello, la necesidad de que todas las unidades de defensa antiaérea cuenten con su propio sistema de simulación es un horizonte a alcanzar para el Ejército de Tierra. Éste es un proyecto ambicioso que permitiría dar solución a diferentes frentes abiertos por los problemas que viven hoy día las unidades, desde los bajos presupuestos para el gasto en combustibles y con ello las horas de

instrucción del personal operario, hasta los recortes de capital destinado a la realización de cursos de formación específicos en los diferentes sistemas de armas. Todo ello hace necesaria la implementación de algún sistema, que no permita dejar desplazados a estos sistemas de armas que son perfectamente capaces de cumplir con su función sin que los bajos presupuestos sean determinantes en su operatividad.

ABSTRACT

HAWK weapon system, employed by the 74 Anti-Aircraft Artillery Regiment, has maintained its capacities during the time has been serving. The characteristics of the current combat and the personnel level training who operate the system, permit to maintain an acceptable operability mark. Today, air combat systems have innovative and complex elements like missiles, efficient radar systems with a wide range of exploration and detection. The main characteristics of the HAWK weapon system make it possible to face this type of threat from a safely and acceptable distance to make a defense, providing anti-aircraft coverage to other weapon systems and complemented with them. Its operation is based on analogic processes, oppositely than used by aircraft threat, this combat capabilities are replaced at many occasions by make a good tactic defense and operators training level. The lack of technology has been replaced by a high training level. With the aim of updating training systems, the present work makes a study for the design of a simulation software model, adapted to the current situation of the armyunits. Giving priority to individual and collective operators instruction, being adapted to current computer systems and minimizing the costs derived from their development.

The main reason to develop a simulation software is simple, all anti-aircraft defense missile weapons systems have one, all of them updated but on duty. This allows crews to conduct training not only in exercises in which the system is deployed, but also when the material is being repeated. With the objective to update HAWK weapon sistem system to basic capacities in 2020, the final objective of this work would be to develop a total simulation classroom with all the tactical system positions, physically and operable without connecting the real system. The simulation room would be designed in such a way that each position will be simulated at all, with all the components that make it up (buttons, consoles, joysticks), all of the elements that are easily buy on a market at a low cost. This would be completed by simulation software, which would be in charge of developing the tactical environment and the different simulations. It can be installed in a unit dependence who operates this weapon system.

This new simulator would allow the participation of the HAWK weapons system on international simulation maneuvers in which weapons system simulators participate together with their crews, evaluated externally only. All of that allow a superior agility in their development and make a considerable reduction in the logistical support for these activities. To develop the simulation software in an agile way and without prior planning is known due to the need to participate in this type of maneuver. In this way, the system would already have such capacity and its development would not be a problem or an excessive expense.

For the software development, an the analysis of the shortcomings simulation system used by SAM HAWK has been carried out. Added to all of this are the operating personnel contributions who work day by day with the weapons system. After selecting and filtering this information, we have proceeded to the design of all the functionalities that the software should offer. The simulation experience is as real as possible, while allowing learning and instruction in a useful way, as much as possible. Similar to the real environment. In order to strengthen all the aspects that have been added to the software, a quality study has been carried out based on the risks analysis that the simulation system characteristics may suffer.

Innovation is something that has always marked the way of proceeding the best. Therefore, the need for all antiaircraft defense units to have their own simulation system is a horizon to be achieved for the Army. An ambitious project that would allow a solution to different open fronts faced by the units today. Low budgets for fuel spending and great levels of instruction hours for operating personnel, decreases levels on capital allocated to carrying out specific training courses on the different weapons systems, makes it necessary to implement a simulator that does not allow these weapons systems because their are perfectly capable for fight and their functions must not be influenced by low budgets.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	V
Bloque 1. Sobre el trabajo fin de grado	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodología	1
1.4. Estructura de la memoria.....	2
Bloque 2. HAWK y simulador	2
2.1. Introducción al sistema de armas HAWK.....	2
2.2. Antecedentes.....	3
2.3. Alcance del producto.....	3
2.4 Alcance del proyecto	4
2.5 Estado del arte	5
Bloque 3. Análisis funcional de un nuevo sistema de simulación.....	6
3.1. Análisis DAFO.....	6
3.2. Estructura y desglose de trabajo	7
3.3. Análisis de requisitos.....	9
Bloque 4. Diseño del software.....	10
4.1. Desarrollo de los casos de uso más relevantes	10
4.2. Criticidad de los casos de uso	12
4.3. Desarrollo de los contenidos del simulador	13
4.5. Diagrama de actividades	17
Bloque 5. Diseño del aula simulador.....	19
5.1. Distribución física	19
5.2. Aula simulador y elementos	20
Bloque 6. Plan económico y de gestión de la calidad	22
6.1. Presupuesto.....	22
6.2. Gestión de la calidad. Análisis de riesgos	24
Bloque 7. Conclusiones.....	28
Bibliografía.....	28
ANEXO I.....	29
ANEXO II.....	34
ANEXO III	39
ANEXO IV	42
ANEXO V	46

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE CAPACIDADES DEL SISTEMA.	9
TABLA 2. CASO DE USO 1. GESTIONAR PERFIL.	10
TABLA 3. CASO DE USO 2. GESTIÓN DEL SIMULADOR.	10
TABLA 4. CASO DE USO 3. EVALUACIÓN.	11
TABLA 5. CASO DE USO 4. MANTENIMIENTO.	11
TABLA 6. CASO DE USO 5. ACTUALIZACIONES.	11
TABLA 7. CRITICIDAD DE LOS CASOS DE USO	13
TABLA 8. MENÚS DE ACCESO Y FUNCIONES DENTRO DEL SIMULADOR	17
TABLA 9. PRESUPUESTO PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	23
TABLA 10. COSTE DE DESARROLLO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN	23
TABLA 11. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS EN EL DESARROLLO DEL SOFTWARE.	27
TABLA 12. ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES DEL RAAA	74
	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ESQUEMA DE UN ANÁLISIS DAFO	6
ILUSTRACIÓN 2. MAPA MENTAL SOBRE EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN	8
ILUSTRACIÓN 3. ESQUEMA DE LOS CASOS DE USO	12
ILUSTRACIÓN 4. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES	18
ILUSTRACIÓN 5. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE UN AULA SIMULADOR HAWK.	19
ILUSTRACIÓN 6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE UN AULA SIMULADOR	20
ILUSTRACIÓN 7. ESQUEMA DE LOS PULSADORES DEL SIMULADOR	21
ILUSTRACIÓN 8. ESQUEMA DE LOS PULSADORES DEL SIMULADOR	21
ILUSTRACIÓN 9. ESQUEMA DE VISUALIZACIÓN EN PANTALLA DEL TO	22
ILUSTRACIÓN 10. REPARTO DE MATERIAL POR PUESTOS TÁCTICOS	23
ILUSTRACIÓN 11. MATRIZ DE RIESGOS PREVIOS	25
ILUSTRACIÓN 12. MATRIZ DE RIESGOS POSTERIOR	26
ILUSTRACIÓN 13. ORGANIGRAMA DEL MAAA. FUENTE	29
ILUSTRACIÓN 14. ORGANIGRAMA DEL RAAA 74	30
ILUSTRACIÓN 15. ESCUDO DEL RAAA 74	30
ILUSTRACIÓN 16. ORGANIGRAMA DE UN GRUPO DE ARTILLERÍA	32
ILUSTRACIÓN 17. COMPOSICIÓN DE UNA BÍA. HAWK	32
ILUSTRACIÓN 18. DISTINTOS SISTEMAS DE ARMAS EN SERVICIO DEL ET.	34
ILUSTRACIÓN 19. INTEGRACIÓN CON EL SDA.	35
ILUSTRACIÓN 20. DISTINTOS SISTEMAS DE ARMAS EN SERVICIO EN EL ET	36
ILUSTRACIÓN 21. IMÁGENES REALES DE BCP Y RADAR HIPIR.	37
ILUSTRACIÓN 22. IMÁGENES REALES DE RADARES PAR Y CWAR.	37
ILUSTRACIÓN 23. IMÁGENES REALES DE LANZADOR DE MISILES Y CARGADOR	38
ILUSTRACIÓN 24. MESA MODELO BEKANT..	42
ILUSTRACIÓN 25. SILLA MODELO KIMSTAD.	43
ILUSTRACIÓN 26. PC MODELO MSI MPG TRIDENT 3.	43
ILUSTRACIÓN 27. PANTALLA TÁCTIL VT-229H	44
ILUSTRACIÓN 28. PANTALLA DE PROYECTOR DURONIC.	44
ILUSTRACIÓN 29. PROYECTOR MODELO PRIXTON.	45
ILUSTRACIÓN 30. JOYSTICK MODELO THRUSTMASTER T-FLIGHT.	45
ILUSTRACIÓN 31. SALA BCP Y SALA PAR/CWAR	47
ILUSTRACIÓN 32. SALA PAR/CWAR (1) Y SALA MULTIPROPÓSITO / LANZADOR	48

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- AAA: Artillería antiaérea.
- AD: *Air Defence*, Defensa Aérea.
- ADP: Se trata de una SIM con acceso directo por parte del operador.
- AF: Alta frecuencia.
- BCP: *Battery Command Post*, Puesto de Mando de Batería.
- BCPO: Operador de BCP.
- Bía: Batería.
- CWAR: *Continuous Wave Acquisition Radar*, Radar de Adquisición de Onda Continua.
- CRG: Cargador.
- COAAS-L: Centro de operaciones de AAA semi-automático ligero.
- COAAS-M: Centro de operaciones de AAA semi-automático medio.
- DAA: Defensa Antiaérea.
- ET: Ejército de Tierra.
- FCO: *Fire control order*, Órden de control de fuego.
- GAAA: Grupo de Artillería Antiaérea.
- GE: Grupo electrógeno.
- HIPIR: *High Power Illuminating Radar*, Radar de Iluminación de Alta Potencia.
- IFF: *Identifier Friend or Foe*, Identificador Amigo-Enemigo.
- IOT: Sistema de adiestramiento de operadores integrado en el sistema, *software* de simulación empleado por defecto en el sistema.
- LNZ: Lanzador.
- LCU: *Launcher/local control unit*, unidad de control del lanzador o unidad de control local.
- MAAA: Mando de artillería antiaérea.
- MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- PA:
- PAR: *Pulse Acquisition Radar*, Radar de Adquisición de Impulsos.
- PPI: Pantalla que muestra toda la información recogida por los radares de forma visual, para el seguimiento y conducción de la batalla aérea.
- RAAA: Regimiento de Artillería Antiaérea.
- RF: Radio frecuencia
- RAMIX: Regimiento de Artillería Mixto.
- RO: Segundo operador táctico.
- RTU: Ordenador portátil robustecido para la introducción de datos de forma directa por el operador. Permite el control de entrada y salida de datos del ADP, SDP, TDECC y SROC.
- UCE: Unidad de control de empleños, es el centro director de fuego de un COAAS-M/L
- SAM: *Surface to Air Missile*. Misil Superficie-Aire.
- SDP: Procesador secundario de datos con acceso directo por parte del operador.
- SRO: Segundo operador de HIPIR
- SROC: Operador táctico de comunicaciones.
- TDECC: Consola táctica, accesible por el operador para ciertas funciones. Para el acceso total es necesario un interfaz a través de RTU.
- TO: *Tactical Officer*, Oficial Táctico.
- UR: Unidad de Reparaciones.

ÍNDICE DE TÉRMINOS

- **BATERIA:** Organización de AAA que posee entidad propia para conducir una batalla aérea. Dependiendo del sistema de armas, se compone de más o menos medios personales y materiales.
- **GRUPO:** Organización militar de artillería de entidad Batallón.
- **HAWK:** Nombre del sistema de armas SAM objeto de estudio en este trabajo.
- **LOCAL/REMOTO:** Selector que asume dos posiciones, al seleccionar el modo remoto se consigue el control de forma externa de un elemento desde otro, si se selecciona local, se consigue trabajar desde el equipo propiamente dicho.
- **SAFE/OPERATE:** Selector de dos posiciones donde se puede anular el movimiento, normalmente de una antena, por el peligro derivado de su actividad.
- **CONTROL POSITIVO:** Situación de estado en una UDAA, donde los elementos de control cuentan con información a tiempo real del despliegue y de la batalla aérea, pudiendo monitorizarse dicha información para ser difundida por diferentes vías.
- **BATALLA A TIEMPO REAL:** Proporciona datos actualizados de la situación de combate, con un margen de media hora.
- **BATALLA A TIEMPO NO REAL:** Proporciona datos sobre la táctica empleada para afrontar una posible situación de combate, poseen especial importancia en ella los despliegues, las medidas de control de espacio aéreo entre otras, gestión de personal, logística, entre otras.
- **TELEGUIADO:** Hace referencia a la forma en que el misil se dirige al objetivo, en este caso, es guiado por un agente externo (HIPIR).
- **DIRECTO:** Hace referencia a la forma en que el misil alcanza al objetivo y la trayectoria que realiza para ello, en este caso, el misil avanza directamente hacia el objetivo.
- **SEMIACTIVO:** Hace referencia a la forma en que un misil recibe información para corregir su trayectoria hacia el objetivo. En este caso, el HIPIR, ilumina el blanco con una señal que rebota en su fuselaje del blanco. Esta señal es captada por el misil, que se dirige al origen de ese rebote.
- **NUMERACIÓN DE LOS GAAA "Y/XX":** El primero de los elementos indica la numeración del grupo de artillería dentro del regimiento al que pertenece en números romanos. El segundo de los elementos indica la numeración del regimiento al que pertenece en numeración árabe.

PROPUESTA DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA EL SISTEMA DE ARMAS HAWK

Bloque 1. Sobre el trabajo fin de grado

1.1. Introducción

El Ejército de Tierra posee la capacidad de dar defensa antiaérea mediante el empleo de diferentes sistemas de armas de Artillería Antiaérea (AAA¹). Esta capacidad es conocida como Defensa Aérea (AD). Por lo general, estos sistemas están destinados a la defensa y control del espacio aéreo en el territorio nacional, así como el apoyo a unidades, el despliegue y participación en operaciones internacionales. Entre ellos encontramos el sistema de armas SAM HAWK, que entró en servicio en el Ejército de Tierra en el año 1965, siendo adquirido a Estados Unidos, y actualmente en servicio en el Regimiento de Artillería Antiaérea N°74 (RAAA 74²), uno de los tres regimientos que conforman el Mando de Artillería Antiaérea (MAAA³), que presta los servicios anteriormente expuestos.

La motivación primera para realizar este Trabajo fin de Grado fue la de dar solución a una necesidad latente en el campo de la simulación: Que el sistema de armas HAWK contase con un entorno de simulación moderno y actualizado. El hecho de que el sistema HAWK diese servicio a las necesidades actuales de las unidades del Ejército de Tierra hizo modificar la idea de solo simular los puestos tácticos del órgano de control denominado BCP, sino también afrontar que el sistema de simulación pudiese dar servicio a todos los puestos tácticos que intervienen en los distintos procesos realizados por la batería HAWK al completo.

La situación actual no contemplaba un sistema de simulación como tal para este sistema de armas. Por el contrario, sistemas de reciente adquisición como pueden ser los sistemas de armas PATRIOT, MISTRAL [1] o NASAMS, cuentan ya con sistemas de simulación sofisticados que permiten la instrucción de sus tripulaciones, algo evidente en lo que al progreso y utilidad de los sistemas se refiere, tanto en el campo de la instrucción como en el de la evaluación de los operarios.

1.2. Objetivos

El principal objetivo del trabajo consiste plantear y justificar la necesidad de un nuevo software de simulación que permita el entrenamiento diario de las tripulaciones del sistema de armas HAWK sin la necesidad del despliegue y encendido de los equipos, algo que, en los últimos años está desgastando sobremanera el material y deriva en unos gastos de mantenimiento desorbitados, a lo que hay que añadir que la adquisición de repuestos es complicada y muchos de ellos ya no se fabrican. Los operarios tienen unas necesidades de actualización de conocimientos que el sistema por si sólo cumple de forma ineficiente. La reducción de presupuesto en cursos de formación y la reducción de la duración de las sesiones de aprendizaje dan como resultado un proceso de asimilación de conocimientos autodidacta, en el que los operarios tienen que buscar fuentes de conocimiento externas como compañeros o manuales, sin que ello contemple la opción de practicar con el material.

En este trabajo se busca también dar respuesta a la necesidad de poseer un sistema de simulación actualizado para todos los sistemas de armas de artillería antiaérea que posee el ET. Esta medida permitiría la participación de todos ellos en ejercicios modernos adaptados a los simuladores de los sistemas y no a los propios sistemas.

Por último, y no menos importante, el trabajo aborda la manera de plantear el desarrollo del software de una forma económica, maximizando las prestaciones que ofrezca gracias al estudio detallado de las necesidades y minimizando el coste de adquisición. Para lograrlo, es necesario central los esfuerzos en una correcta gestión de las adquisiciones basada en productos de calidad a un precio moderado.

1.3. Metodología

El proceso empleado para dar solución a todos los objetivos mencionados en los párrafos anteriores se ha dividido en distintas tareas y áreas. Se hace a continuación una relación de todas ellas:

- Estudio de las capacidades del sistema.

¹ AAA: Especialidad del ET destinada a la defensa y control del espacio aéreo.

² RAAA 74: Se adjunta un organigrama de la organización del regimiento en el ANEXO I.

³ MAAA: Se adjunta un organigrama de la organización del mando en el ANEXO I.

- Sondeo de información interna.
- Búsqueda de información externa.
- Contraste de información.
- Estudio del alcance del producto y del proyecto.
- Análisis de costes.
- Sondeo de sistemas de gestión de la calidad.
- Gestión de adquisiciones.
- Elaboración de una propuesta general.

Para la creación del *software* se ha hecho uso de aplicaciones informáticas como “*Visual Paradigm*” o “*ProjectLibre*”, también otros online como “<https://www.mindmeister.com>” para la creación de mapas mentales y programas de CAD y de edición e imágenes. Se ha hecho uso de encuestas personales y opiniones de los operarios, uso de que herramientas de gestión de la calidad como matriz de análisis de riesgos.

Para estudiar la viabilidad del proyecto y ejecución de las adquisiciones, se han utilizado herramientas como el análisis de costes y el análisis de riesgos.

1.4. Estructura de la memoria

Para afrontar el análisis funcional del sistema de simulación HAWK, el trabajo se ha dividido en diferentes bloques. Los primeros capítulos de la memoria serán introductorios al sistema, para poner en conocimiento del lector el funcionamiento y las partes que lo componen (Bloque 2).

Después de ello, se analiza la situación actual y se plantea la idea del desarrollo del *software*, y para apoyar esta idea, se parte del análisis de los requisitos (Bloque 3), del cual se construye una primera idea de simulador que será desarrollada en los capítulos posteriores. Una vez se ha construida esta primera idea se da paso al modelado de las capacidades del *software*. Para ello, se utilizan distintas herramientas de análisis y recopilado de información (Bloque 4). Tras ello, se da forma al simulador, estudiando cómo materializarlo de forma física y cómo se simularán las diferentes opciones que ofrece el sistema real. Para lograr que la versión simulada se asemeje lo máximo posible a la real, se realizará el análisis de dependencias reales y la forma de instaurar este sistema en dichas dependencias (Bloque 5).

Por último, se recopila información sobre adquisiciones, costes y presupuesto. Se busca la forma de hacer de este *software* una herramienta útil y de coste moderado. A todo ello se añaden estudios sobre riesgos de la propuesta plantada, que den peso a la decisión de producir el sistema de simulación (Bloque 6). El trabajo concluye con las conclusiones obtenidas del trabajo de investigación llevado a cabo.

Bloque 2. HAWK y simulador

2.1. Introducción al sistema de armas HAWK

Como se ha mencionado anteriormente, la defensa antiaérea está basada en la AD mediante el empleo de una Unidad de Defensa Antiaérea (UDAA⁴). atendiendo a los requerimientos derivados de la amenaza aérea, cuenta con distinto número de elementos y una disposición diferente. Un ejemplo configuración sería la UDAA “PLUS ULTRA”⁵. El propio MAAA es el que nutre a las UDAA’s con materiales de sus regimientos dependiendo de la misión a la que se enfrentan, como en el caso anterior. También se solicitan apoyos a otros ejércitos, como el caso del pelotón de Infantería de Marina perteneciente a la Armada. Estos sistemas suelen poseer capacidades distintas, así como distintos alcances, sensores con mayor o menor rango de batido y tiempo de puesta en posición. Tal es así que los sistemas capaces de alcanzar un objetivo por debajo de los seis kilómetros son categorizados como *Very Short Range Air Defense* (*V-SHORAD*⁶). Aquellos con capacidad superior son clasificados como *Short Range Air Defense* (*SHORAD*⁵). [2]

⁴ UDAA: La organización de este tipo de unidades es operativa y adaptada a la situación, se adjunta un ejemplo en el ANEXO II. Se compone de tres núcleos principales: Mando y control, logístico y fuego.

⁵ UDAA “PLUS ULTRA”: Ejercicio de AAA en el que participó el autor del presente trabajo durante su período de prácticas. El ejercicio fue ejecutado en la provincia de Huelva. La organización de la UDAA PLUS ULTRA aparece adjunta en el ANEXO II.

⁶ V-SHORAD/SHORAD: Se adjunta un esquema de la organización por alcance en profundidad y techo de los sistemas de AAA empleados por el ET en el ANEXO II.

El sistema de armas HAWK está clasificado como *Surface to Air Missile (SAM)* por sus características físicas, entrado dentro del grupo de los SHORAD. El misil empleado por el sistema es el modelo MIM-23⁷ con capacidades de teleguiado, directo, semi-activo⁸. La descripción de los distintos elementos que componen el sistema de armas HAWK queda expuesta en el Anexo I.

2.2. Antecedentes

Como cualquier otro sistema de armas de AAA, 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 instruirse diariamente en el uso 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.

Como es de esperar, la experiencia es básica a la hora de operar con el sistema, pero no todo el personal que se dedica a ello la posee a un nivel tal que le permita ahorrar horas de adiestramiento. Por ello, la BCP cuenta con un sistema de simulación que, una vez puesto en funcionamiento, requiere del encendido completo del sistema real. Si se desea hacer instrucción con el sistema de simulación utilizado actualmente, se debe proceder encendiendo y conectando todos los sistemas como si fueran a utilizarse para un ejercicio real, no simulado, con el correspondiente gasto económico derivado de ello.

La veteranía del sistema hace también que los procesos de arranque y puesta a punto sean lentos. Debemos entender que el encendido y apagado del sistema y el respeto a los tiempos mínimos es necesario si no se quiere generar fallos, que más tarde derivarán en horas de mantenimiento, dejando inoperativo el sistema, e involucrando a la unidad en trámites administrativos que afectan a su normal funcionamiento. Estos tiempos oscilan alrededor de las 4 - 6 horas:

- 2 horas de encendido de los sistemas y calentamiento.
- 1 hora de estandarizadas⁹.
- 1 hora o más en la integración¹⁰.

Este proceso requiere la intervención de los operadores, quienes deben poseer un amplio grado de conocimientos sobre el material que se opera. Todo ello aumenta el gasto y ralentiza el proceso de instrucción.

Lo específico que es el sistema SAM HAWK hace incluso que el mantenimiento y el curso de adaptación al sistema se realicen en la misma unidad en la que se encuentra en servicio, no pudiendo ser entrenado en un organismo general como la Academia de Artillería, que sí da un servicio de simulación general para otros sistemas de armas utilizados en varias unidades del ET. Desde este trabajo, se plantea la idea de que un sistema de simulación adaptado a equipos informáticos actuales que puedan ser empleados por otras unidades encargadas de la formación de los operarios, como la citada Academia.

2.3. Alcance del producto

Se plantea el estudio y análisis funcional de un sistema de entrenamiento y simulación que permita la instrucción del personal en el uso de los sistemas, sin que ello reporte un daño físico sobre el material, ni un gasto derivado de las roturas o el uso excesivo. Ello evitaría también el ingreso en los parques de mantenimiento, con la correspondiente inoperatividad del sistema durante el tiempo de ingreso, ya que las tareas de mantenimiento en cualquier escalón requieren un tiempo mayor y un gasto elevado conforme pasa el tiempo.

Es de importancia que dicho sistema de entrenamiento permita la simulación completa de todos los puestos tácticos definidos en la orgánica de la Bía. HAWK, 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.

Como cabe esperar, no es la primera vez que el ET plantea una solución así. Durante los últimos años se han impulsado la adquisición y el uso de diferentes sistemas de simulación multiplataforma, adaptados a los sistemas en servicio, como pueden ser el complejo de

⁷ Misil HAWK: Se adjunta una imagen del misil en el ANEXO II.

⁸ Puede encontrar una explicación de todos estos términos en el glosario.

⁹ Estandarizadas: Proceso técnico por el cual se pone en funcionamiento la BCP y dejándola lista para poder integrarla con otros elementos como un COAAAS-M.

¹⁰ Integración: Proceso por el cual un elemento como la BCP HAWK se deja lista a otro elemento de control positivo en un ejercicio de AAA, manteniendo con él un enlace de datos y fonía a tiempo real.

simulación del misil MISTRAL [1] [3], el aula de simulación COAAS-L/M o el sistemas de simulación y aula SIMACA, entre otros [4]. Algunos de estos sistemas se encuentran instalados en la Academia de Artillería, por la generalidad de su uso en diferentes unidades del ET.

Los estudios realizados durante el periodo de prácticas [5] han hecho patentes las carencias del sistema, que necesitan ser abordadas por el software de simulación:

- Simulación a nivel operador de la distribución de tareas y puesta a punto de los sistemas. Contemplando la entrada en posición, salida de posición y mantenimiento básico.
- Simulación a nivel oficial/suboficial de procedimientos técnicos en el manejo de los sistemas.
- Simulación a nivel TO/RO/SRO de procedimientos tácticos.
- Evaluación de conocimientos a todos los niveles.

A la hora de su ejecución, el sistema una vez instalado debe permitir a los operarios desarrollar su destreza en los siguientes campos:

- Instrucción individual de un operario en su puesto táctico de forma autónoma, integrado con el resto de la batería de forma simulada.
- Instrucción colectiva de los operarios en sus puestos tácticos, integrados con el resto de la batería incompleta. Se simularán los puestos tácticos que estén desocupados.
- Instrucción colectiva de los operarios en sus puestos tácticos e integración de la batería al completo.

Por otro lado, el simulador debe dar respuesta a los siguientes requerimientos para obtener de él las mayores prestaciones posibles¹¹:

- Asistencia a tiempo real del operario, tanto al errar un procedimiento como si lo solicita.
- Mensajería emergente sobre el estado de operatividad del resto de elementos.
- Interfaz intuitiva de acceso y selección.
- Ayudas al aprendizaje.
- Red de comunicaciones interna real, vía radio o mensajería.
- Independencia en la ubicación de los equipos que simulan cada elemento del sistema; BCP, CWAR, HIPIR, PAR, LNZ's. (En un despliegue real no tiene por qué haber contacto visual entre ellos ni cercanía).
- Monitorización de las actividades realizadas por cada equipo y presentación en pantalla para su evaluación.
- Almacenaje de datos de la destreza de los operarios, en comparación con los métodos definidos por manual de usuario del sistema.
- Análisis de los resultados y repetición de los procedimientos más problemáticos para el operario.
- Evaluación interna (por parte del sistema) y externa (por parte de un órgano evaluador). De la cual los operarios desconocerán todo lo que se les plantea hasta que accedan al ejercicio.
- Inyección de incidencias, problemas y detección de faltas de seguridad.
- Generación de escenarios de combate aleatorios por niveles de dificultad.
- Gestión de información a nivel ET, “gamificando” los resultados para generar competitividad entre distintas unidades a nivel nacional o internacional.

2.4. Alcance del proyecto

El presente trabajo plantea el diseño de un sistema de simulación, adaptable a un aula o dependencia física de una unidad del ET, que no cuente con elementos técnicos físicos del sistema. Estos elementos físicos podrán ser simulados con pantallas, ordenadores y otros elementos de informática básicos y adquiribles en el mercado de forma sencilla. Se busca que la adquisición de estos elementos sea posible con un presupuesto no muy elevado y un mantenimiento mínimo, asumido por la UR¹², de tal forma que los repuestos sean elementos comunes y se permita la simulación de todos los puestos.

¹¹ Prestaciones: Recopilación en base a encuesta realizada a los oficiales y suboficiales del GAAA I/74. Se adjunta encuesta en ANEXO III así como los resultados de la misma y un comentario de cada respuesta.

¹² UR: Unidad de Reparaciones, es la encargada del mantenimiento del sistema de armas HAWK. Por lo específico de sus componentes, esta unidad no depende de ninguna otra para el mantenimiento del sistema.

2.5. Estado del arte

El sistema de simulación utilizado actualmente está integrado en las consolas de la BCP, y es conocido como IOT. El IOT permite la simulación de diferentes escenarios de combate cargados por niveles. Todos ellos aparecen visualmente en la *Plan Position Indicator* (pantalla PPI) de la consola del *Tactical Officer* (TO). Estos niveles varían dependiendo de la dificultad del escenario, la cual puede verse alterada por numerosos factores. Los escenarios más sencillos plantean situaciones de combate en las que intervienen pocas aeronaves, con movimientos sencillos y predecibles. Según se aumenta el nivel de dificultad, los escenarios incrementan su dificultad añadiendo contramedidas electrónicas, tácticas de vuelo de combate y posibles fallos del sistema.

Los principales problemas que se detectan en este simulador son su antigüedad y sus capacidades. El IOT fue desarrollado en los años 60 y sufre carencias importantes que actualmente han sido abordadas por sistemas informáticos más modernos, como por ejemplo su sencillez y repetitividad, ya que una vez se han visualizado todos los niveles no ofrece más al operador que lo ejecuta. Además, no puede simular la imagen producida por las cámaras de televisión instaladas en los HIPIR con las que se dotó al sistema en la década de los 70. El IOT sólo carga escenarios almacenados en el sistema, no pudiendo diseñar uno propio, o no pudiendo enfrentarse a uno de características imprevisibles, aleatoriamente programado por el propio sistema.

Por ello, se ha realizado un estudio de los sistemas de simulación empleados por otros sistemas de armas de AAA en dotación del ET, que sí responden de manera más eficaz a los requerimientos actuales de un sistema de simulación [6], cada uno con las ventajas y las carencias que se desarrollan a continuación:

1. Como inspiración, podemos utilizar el sistema de simulación empleado por la Unidad de Control de Empeños (UCE) de los COAAS-M/L¹³, el cual permite el diseño de un escenario a gusto del operario, creado por él mismo, y que le permite evaluar las destrezas de sus unidades subordinadas cuando hace que se enfrenten a estos ejercicios. Los ejercicios no pueden ser diseñados por un agente externo que evalúe al propio operario de la UCE, lo cual supone una desventaja a la hora de evaluarlo, ya que, si ha sido capaz de diseñar un ejercicio en el simulador, es capaz de utilizar la UCE con relativa destreza.

A todos los niveles, no es un *software* de simulación propiamente dicho, sino una aplicación del sistema COAAS que permite la generación de amenazas ficticias y el desarrollo simulado de una posible batalla aérea. Esta forma de simulación presenta carencias, pero la idea de que los bloques que conforman la unidad mínima de generación puedan hacer instrucción integradas en un mismo ejercicio de simulación es la idea fuerza para el diseño del *software* de simulación para el SAM HAWK.

2. Por otro lado, contamos con el *software* de simulación implantado en las unidades de AAA dotadas con sistemas de armas tipo cañón¹⁴ [7]. Sus direcciones de tiro poseen un programa de entrenamiento, pero recientemente se ha dotado a las unidades de material simulador de las consolas de control de las direcciones de tiro SKYDOR¹⁵. Éstas sí abordan con mayor precisión el objetivo que se quiere conseguir: los puestos tácticos son simulados en un aula, y los operarios pueden hacer instrucción sin contar con el encendido de los sistemas, objetivo al cual se quiere llegar con el simulador del sistema de armas misil¹⁶ HAWK.
3. El grado más alto alcanzado en cuanto a simulación viene de la mano de los sistemas de AAA más modernos. Estamos hablando de los sistemas de armas misil NASSAMS y PATRIOT [4], últimas adquisiciones del ET para la defensa y control del espacio aéreo, que sí cuentan con *softwares* de simulación completos externos a los aparatos. Estos simuladores son utilizados a nivel internacional para ejercicios con participación extranjera, en los que se evalúan las capacidades de los operarios, y sobre todo la forma

¹³ COAAAS-M/L: Sistemas de AAA empleados por otras unidades para el control a tiempo real de la batalla aérea.

¹⁴ AAA cañón: Tipo de defensa AAA basada en el fuego tenso directo. Las baterías de armas de estos sistemas emplean direcciones de tiro encargadas de dirigir de forma eficaz el fuego de los cañones automáticos hacia el objetivo.

¹⁵ SKYDOR: Dirección de tiro en servicio de unidades con sistemas de armas de AAA cañón.

¹⁶ AAA misil: Tipo de defensa AAA basada en ataque al objetivo mediante el lanzamiento de un misil, que lo alcanza en vuelo por diferentes vías.

en que las diferentes unidades se integran formando una sola ante un órgano externo de evaluación, que genera los escenarios de combate y diseña los ejercicios a los que se enfrentarán los operarios.

El diseño de un nuevo sistema de simulación en base a las características aprovechables de los sistemas de armas que cuentan con simulador, más las añadidas gracias a la investigación, permitirían desarrollar aún más las capacidades del SAM HAWK. De esta manera, permitiría a los operarios participar en maniobras de simulación internacionales¹⁷ a la vez que instruirlos cuando el sistema real no es desplegado o cuando no participa en algún ejercicio.

Bloque 3. Análisis funcional de un nuevo sistema de simulación

Las necesidades del Ejército de Tierra en el campo de simulación descritas anteriormente permiten definir los objetivos a cumplir por el *software*, dando respuesta a las preguntas ¿qué hace falta?, ¿cómo lo consigue?, ¿cómo se organiza? Para ello se hace uso de diferentes herramientas para el modelado del *software*, como se verá a continuación.

3.1. Análisis DAFO

Ante la situación que se plantea, se han analizado las capacidades del sistema, y cómo la propuesta de simulador daría solución a todos los requerimientos. Para ello, se expone a continuación un análisis DAFO, en el cual se comparan distintos aspectos a tener en cuenta para la adquisición del *software*. Podemos distinguir entre debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que ofrece el desarrollo del *software* de simulación.

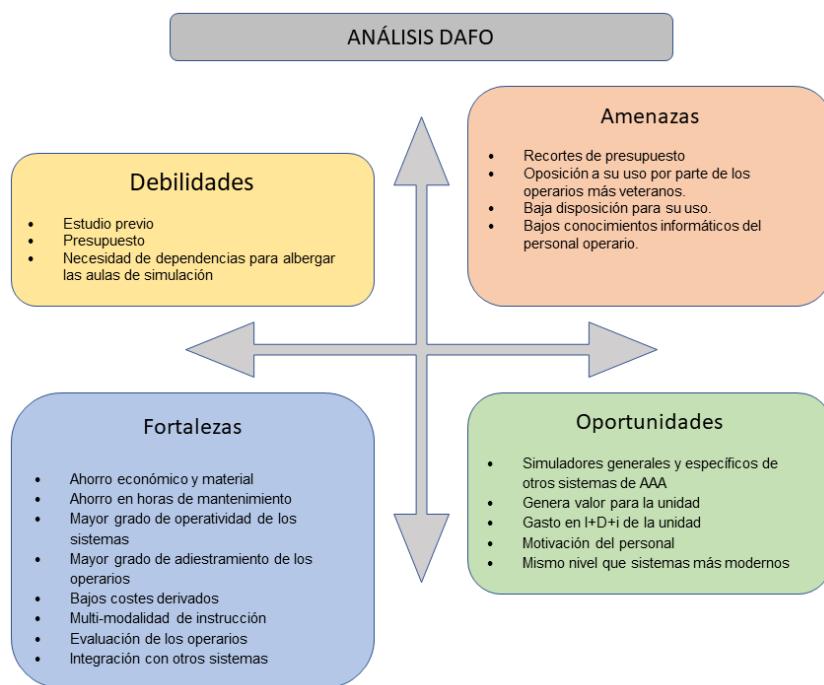


Ilustración 1 Esquema de un análisis DAFO

Las debilidades incluyen el estudio previo y todo el trabajo que conlleva, algo normal en el análisis de cualquier *software*. El gasto de tiempo derivado y el esfuerzo dedicado a tal fin son factores de peso con una elevada responsabilidad de cara al producto final: se ha estimado en tres meses el tiempo necesario sólo en la planificación y organización del desarrollo. El presupuesto es de vital importancia para la ejecución de un sistema de simulación que cumpla con los requisitos mínimos, es necesario en el año de la solicitud destinar fondos a tal fin, lo que hoy día es relativamente complicado para una unidad del ET, con un gasto estimado en proyectos de índole similar que han variado entre uno y cuatro millones de euros [6]. A todo ello se suma

¹⁷ Maniobras internacionales de simulación: Aquellas celebradas anualmente, que basan sus esfuerzos en la integración bajo un órgano externo evaluador de los diferentes sistemas de simulación que poseen los sistemas de armas en servicio de los ejércitos que participan. Ejemplo de ello son las maniobras "JEY POW"

la necesidad de aulas destinadas a la simulación, ya que, como veremos más adelante en el trabajo, el software necesitará un soporte físico para ser ejecutado y todo ello se albergará en dependencias de las unidades. Es por ello que dichas aulas deberán presentar las condiciones mínimas de habitabilidad y estar perfectamente adaptadas para albergar equipos informáticos modernos, poseer tomas de corriente y espacio suficiente, un correcto funcionamiento de la instalación de calefacción y aire acondicionado. "A esta especificidad de requerimientos hay que añadir el hecho de que, actualmente, los cuarteles del ET carecen en general de dependencias disponibles en las cuales albergar los sistemas de simulación.

La existen sectores dentro de las unidades que se oponen al uso de estas herramientas, como puede verse en el resultado de las encuestas que más tarde se explicará en las observaciones personales existen casos de oposición al uso de sistemas actualizados. Siendo la justificación de ello que la forma actual de instrucción es correcta y eficaz.

Continuando con los factores negativos, se identifican como amenaza los posibles recortes presupuestarios asignados a la unidad en el año en desarrollo del proyecto, que puedan influir en decisiones en cuanto al cómo, cuándo, dónde, etc.

El ahorro económico y de material, una de las premisas más importantes en las unidades del ET, es mirado con atención por la dirección de las unidades porque toda propuesta que permita mantener las capacidades de un sistema y que reduzca su gasto es bienvenida. El grado de instrucción que poseen los operarios se podría revisar y actualizar, algo útil en este tipo de unidades que emplean unos sistemas de armas en territorio nacional y otros distintos cuando son desplegados en misiones internacionales. De la mano de esta fortaleza surge la del estado de operatividad de los equipos, que al no tener que mantener una disposición permanente para la instrucción pueden ser revisados de forma más exhaustiva por la UR, y asegurar su funcionamiento con mayores garantías cuando el material se desplace a un ejercicio.

Como es normal este tipo de simuladores se implementaron en los sistemas de última adquisición y que por veteranía del SAM HAWK no se dispone. Por lo que desarrollar un sistema de simulación específico para el sistema de armas HAWK permitiría no solo actualizar el sistema a las necesidades actuales que se le requieren si no también impulsaría la imagen de la unidad en el panorama de la innovación. Por lo cual una inversión en este sector recogería rentabilidad en varios sectores.

La posibilidad de evaluar a los operarios antes de realizar las pruebas previas a los ejercicios de tiro, conocidas como "evaluaciones previas" permite ahorrar tiempo en su repetición. Ya que hasta que todas estas pruebas no han sido realizadas, no se da el visto bueno para la ejecución del ejercicio. Un sistema de simulación como el que se plantea, permitiría la instrucción y aprendizaje hasta el punto de poder pasar las "evaluaciones previas" sin cometer fallos, reduciendo su repetición al mínimo.

3.2. Estructura y desglose de trabajo

Para detallar de una forma más clara el desglose de trabajo del presente estudio, se adjunta a continuación un mapa mental de su organización. El mapa mental permite de un vistazo observar los diferentes sectores en los que se focaliza el trabajo y permite también de un vistazo ver cómo se ha estructurado el proceso de su desarrollo.

Un desglose de trabajo hace posible de forma más sencilla afrontar un problema con una organización superior. En trabajos ambiciosos como puede ser el desarrollo de un sistema de simulación en el que intervienen no sólo la parte de los requerimientos del software, sino también una distribución física y compra de elementos, conviene dividir tareas y repartirlas en sectores bien diferenciados. Para no cometer errores y tener una primera idea de la ambición del siguiente trabajo, se ha estructurado el mapa mental en cuatro puntos clave para el desarrollo del sistema de simulación:

- Análisis funcional, recopilación de toda la información necesaria para el estudio y diseño del sistema de simulación.
- Diseño, es el diseño de las características y funcionalidades del sistema de simulación.
- El software, da forma al elemento que se quiere desarrollar, mostrando características que debe poseer y soluciones que debe dar.
- Proceso de compras, abarca todo lo relacionado con la gestión y planificación de las adquisiciones.

Todos los puntos son de vital importancia y tratan temas que han de abordarse por separado, tanto es así, que en la presente memoria se explicará cada uno de ellos en detalle.

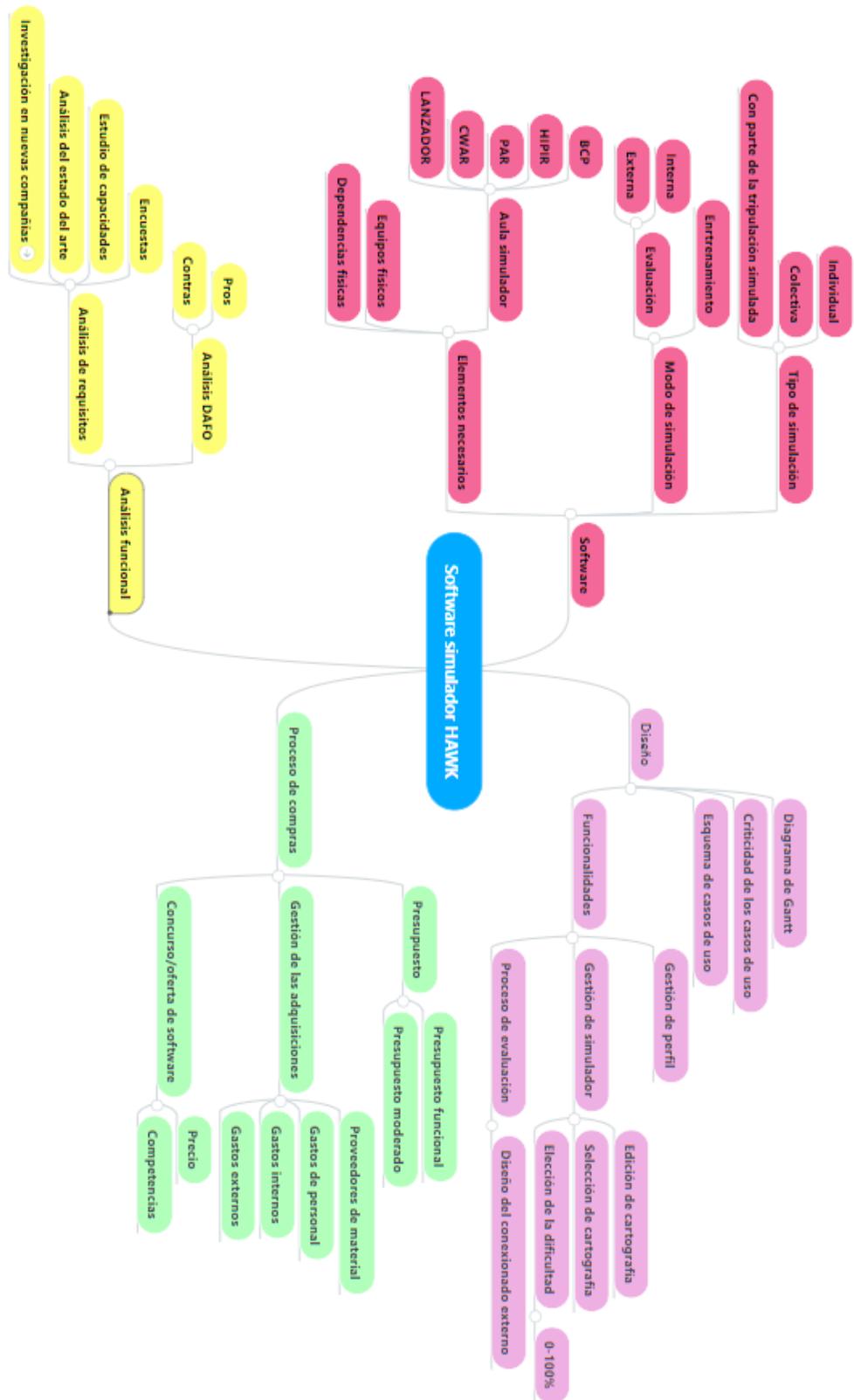


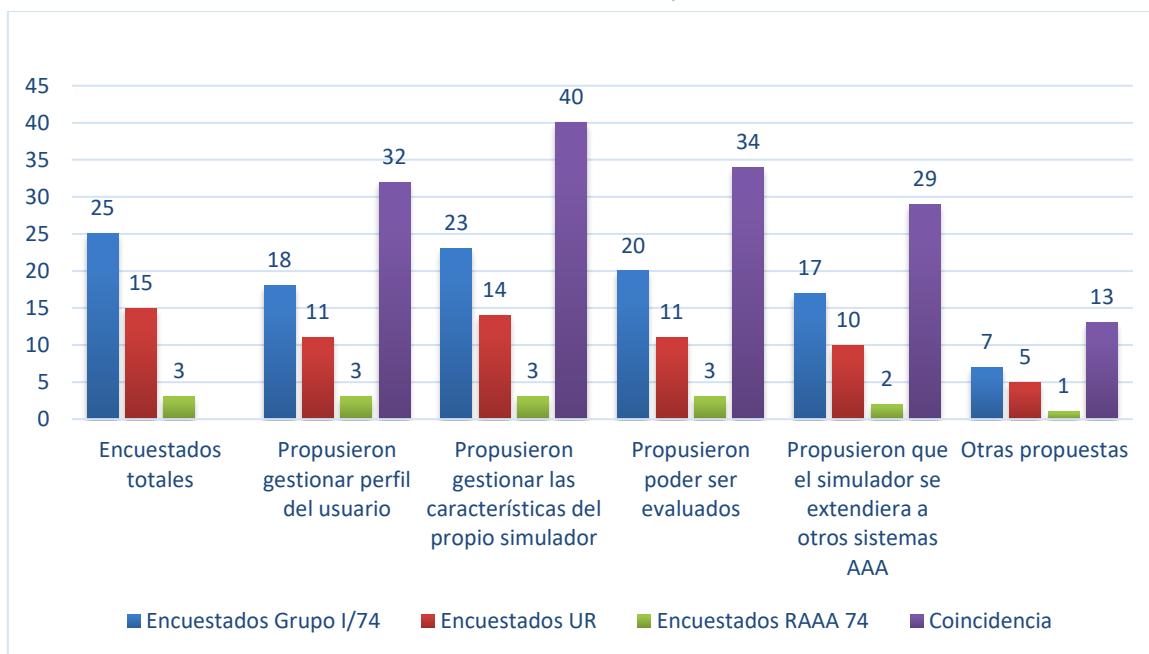
Ilustración 2. Esquema de un mapa mental sobre el software de simulación

3.3. Análisis de requisitos

A nivel desarrollo de *software*, los requisitos más importantes que debe cumplir el programa han de ser los relacionados con el propio usuario, como por ejemplo solución a cuestiones *in situ*, o similitud de elementos físicos respecto al sistema real. También habrá que prestar atención a aquellos que tengan que ver con agentes externos, como pudieran ser órganos externos de evaluación, otros simuladores o elementos de mantenimiento. Para tener una idea general de cómo modelar dicho sistema, durante el periodo de prácticas, se elaboró una encuesta¹⁸ al personal operador del SAM HAWK en el GAAA I/74. Aparte de las necesidades del simulador, se encuestó a los usuarios sobre su opinión personal acerca de las 4 acciones básicas a las que debería dar solución el simulador con una pregunta abierta sobre el tema¹⁹.

El análisis de los resultados de la encuesta²⁰ arroja una cantidad de información muy relevante para el análisis funcional del *software*. En la tabla 1 se expone un fragmento del mismo que recoge las opiniones personales del personal del GAAA I/74 en cuanto a las funcionalidades que debería recoger un nuevo sistema de simulación según coincidencia en los resultados.

Tabla 1. Resultado de la encuesta sobre capacidades del sistema.



Los resultados arrojan un claro favor del personal sobre los siguientes intereses para el simulador:

- Poder gestionar el perfil.
- Poder gestionar las características del simulador.
- Poder ser evaluado
- Que el sistema pudiera adaptarse a otros sistemas de armas

Estas serán las principales funcionalidades que se tendrán en cuenta a la hora de plantear el diseño del *software*. El resto no obtuvo fuerza suficiente como para ser tomadas en cuenta de cara al desarrollo del *software*.

¹⁸ La encuesta completa aparece adjunta en el ANEXO III junto con las posibles opciones de respuesta y un comentario sobre las respuestas ofrecidas por los encuestados.

¹⁹ Pregunta abierta a cerca de las necesidades del simulador, puede encontrarse en la encuesta sobre el sistema.

²⁰ Análisis de los resultados de la encuesta queda desglosado y explicado en el ANEXO IV.

Bloque 4. Diseño del software

4.1. Desarrollo de los casos de uso más relevantes

En este apartado se expone una relación de casos de uso que pueden llevarse a cabo desde el software de simulación. Como el sistema permite la simulación individual, colectiva y mixta de la tripulación, algunos casos de uso quedan supeditados a otros.

Tabla 2. Caso de uso 1. Gestionar perfil.

CASO DE USO - 1 GESTIONAR PERFIL

<i>Descripción</i>	Este caso de uso es el encargado de que el usuario pueda modificar aquellos datos de su perfil susceptibles de cambio de cara al ejercicio.
<i>Actores</i>	Operario/os.
<i>Precondición</i>	Haber encendido el programa, y haber accedido con usuario MINISDEF.
<i>Escenario Principal</i>	<ul style="list-style-type: none"> El caso de uso se inicia cuando el usuario accede al programa. El sistema lista el perfil del usuario, mediante cuenta MINISDEF. El usuario modifica datos como: <ul style="list-style-type: none"> Nombre de la unidad. Datos de las comunicaciones. Entidad que afrontará el ejercicio (deberá haberse seleccionado la opción de "director"; en este caso, todas las estaciones conectadas al ejercicio se subordinarán a ésta compartiendo los datos cargados por ella). El usuario no podrá modificar ningún dato personal cargado en su cuenta MINISDEF.
<i>Subordinación</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toda esta información (excepto los datos de la cuenta MINISDEF) quedará supeditada la gestión que realice la estación directora en caso de que exista dicha figura. En caso de evaluación, se desconocerán todos los datos hasta el momento que el órgano gestor inicie la evaluación.

Tabla 3. Caso de uso 2. Gestión del simulador.

CASO DE USO - 2 GESTIÓN DE SIMULADOR

<i>Descripción</i>	Este caso de uso es el encargado de que el usuario modifique aquellos aspectos del ejercicio que se va a realizar.
<i>Actores</i>	Operario/os.
<i>Precondición</i>	Haber accedido a gestión de perfil si nunca lo había realizado, y haber seleccionado el sistema de armas y puesto táctico dentro de éste que va a desempeñar.
<i>Escenario Principal</i>	<ul style="list-style-type: none"> El caso de uso se inicia cuando el usuario ha gestionado su perfil y ha accedido al sistema de armas y puesto táctico que ocupará. El usuario selecciona aquellos campos del ejercicio a los que tiene acceso: <ul style="list-style-type: none"> Cartografía (real o ficticia). Dificultad. El usuario selecciona el tipo de simulación que va a ejecutar: <ul style="list-style-type: none"> Estandarizada. Batalla aérea (posee ventanas emergentes que asesoran al operario cuando comete un error, o cuando lo solicita). Integración con otros elementos. Proceso completo de estandarizada – integración - batalla. Evaluación. El usuario puede iniciar el ejercicio de simulación individual, o colectivo si se ha definido como estación directora. El usuario ejecuta el simulador en el apartado destinado a ello.
<i>Subordinación</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toda esta información quedará supeditada la gestión que realice la estación directora en caso de que exista dicha figura. En caso de evaluación, se desconocerán todos los datos hasta el momento que el órgano gestor inicie la evaluación.

Tabla 4. Caso de uso 3. Evaluación.

CASO DE USO - 3 EVALUACIÓN	
<i>Descripción</i>	Este caso de uso es el encargado de que el órgano externo de evaluación genere un ejercicio destinado a comprobar el nivel de adiestramiento de los operarios de un simulador, de varios o de otros simuladores conectados con éste al mismo tiempo.
<i>Actores</i>	Órgano externo de evaluación, operario/os, otros simuladores.
<i>Precondición</i>	Haber accedido a gestión de perfil si nunca lo había realizado, y haber seleccionado el puesto táctico que va a desempeñar, haber accedido a la sección de evaluación en la gestión de simulador.
<i>Escenario Principal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia cuando el usuario ha accedido a la sección de evaluación. • El usuario desconoce las condiciones de ejercicio hasta que se carga en su terminal, excepto su puesto táctico. • La evaluación, almacena todos los pasos llevados a cabo por los operarios y almacena información extraíble de la gestión del ejercicio por parte de los operarios, distinguiendo varios módulos: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Estandarizada. ◦ Integración. ◦ Batalla aérea. • De todo el proceso se obtiene información traducida en porcentaje de acierto de 0 a 100%.
<i>Subordinación</i>	El órgano evaluador no está subordinado a ninguno otro, por lo que la información dictada por el mismo afectará a todos los usuarios conectados al ejercicio diseñado por él.

Tabla 5. Caso de uso 4. Mantenimiento.

CASO DE USO - 4 MANTENIMIENTO	
<i>Descripción</i>	Este caso de uso es el encargado de que la dependencia de mantenimiento de la unidad en la que se instale el simulador, realice las tareas de mantenimiento.
<i>Actores</i>	Unidad encargada del mantenimiento del simulador.
<i>Precondición</i>	Que se cumplan los tiempos mínimos para la realización del mantenimiento cuando proceda, o que se hayan dado averías.
<i>Escenario Principal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Labores de mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Predictivo. ◦ Preventivo. ◦ Correctivo. • Acceso al apartado de mantenimiento. • Chequeo del sistema y detección de fallos.

Tabla 6. Caso de uso 5. Actualizaciones.

CASO DE USO - 5 ACTUALIZACIONES	
<i>Descripción</i>	Este caso de uso es el encargado de que la empresa desarrolladora suministre actualizaciones a la unidad conforme pasa el tiempo.
<i>Actores</i>	Empresa desarrolladora
<i>Precondición</i>	Que se realicen encuestas al personal operario para la detección de fallos del sistema, así como encuestas a cerca de carencias del sistema.
<i>Escenario Principal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso al apartado de actualizaciones de todos los equipos. • Subordinación de todos los equipos a uno en el apartado de actualizaciones. • Estudio de informes de las unidades de uso donde se utilizan los simuladores. • Corrección de carencias y generación de actualizaciones • Suministro de actualizaciones a las unidades.

Para comprender de forma gráfica la explicación anterior se muestra en la ilustración 3 un esquema de casos de uso que emplea el sistema de simulación. Este esquema es un elemento funcional en el que se representan los actores que intervienen en el funcionamiento de un *software* o aplicación y las tareas o requisitos con los que interactúan. En base a los resultados obtenidos en la encuesta realizada al personal del GAAA I/74 se ha intentado diseñar un modelo de requisitos acorde a las peticiones de los operarios. Aparte de ello, se incluyen también aspectos técnicos a tener en cuenta a la hora de desarrollar un *software* de simulador, como pueden ser el mantenimiento y las actualizaciones. El resultado del análisis dio como resultado el siguiente modelo de requisitos:

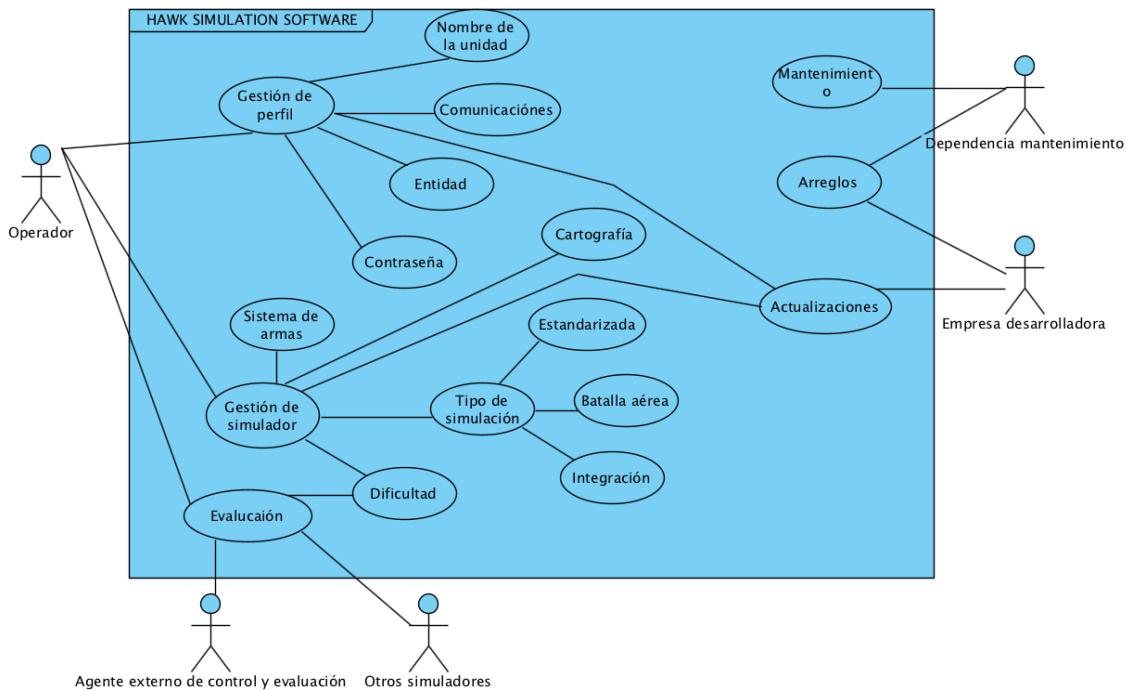


Ilustración 3. Esquema de los casos de uso más relevantes del sistema de simulación HAWK.

4.2. Criticidad de los casos de uso

En la tabla 7 se exponen los casos de uso anteriores y el impacto de su criticidad a la hora de utilizar el simulador. Ello sirve para saber dónde hay que poner más cuidado en el desarrollo del *software*, qué partes del mismo tienen que estar diseñadas de una forma más específica y cuáles pueden ser más básicas. Se hace una relación de colores con su criticidad para el simulador, donde los elementos más críticos aparecerán en color rojo, elementos con criticidad media en color naranja y elementos menos críticos en color verde. Cada elemento viene acompañado de una explicación breve del motivo de su criticidad. Como pilares de importancia se han tomado la capacidad técnica para poder desarrollar dicha funcionalidad, la integración interna/externa que permite la evaluación y las funciones más complicadas del sistema de simulación, y las necesidades del usuario relacionadas con la configuración de su información básica para ser localizado y clasificado por el sistema correctamente. Se ha puesto interés en la diferenciación de tres pilares importantes del simulador:

- Capacidad técnica: Facilidad o no a la hora de manipular los distintos menús y submenús.
- Integración interna/externa: Facilidad o no a la hora de conectar los diferentes equipos entre sí y con elementos externos como pudieran ser los de actualización o evaluación.
- Necesidades del usuario: Trata lo relevante o no que es el caso de uso a nivel usuario para su formación y aprendizaje.

Tabla 7. Criticidad de los casos de uso

	CAPACIDAD TÉCNICA	INTEGRACIÓN INTERNA/EXTERNA	NECESIDAD DEL USUARIO
GESTIONAR PERFIL (Imagen 1)	Baja (Avance entre menús intuitivo, incluye almacenamiento de datos)	Baja (Los datos almacenados de los operarios no son relevantes para la integración)	Alta (Básico para la gestión de datos por parte del simulador)
	Baja (Avance entre menús intuitivo, incluye almacenamiento de datos)	Alta (Se deben tener conocimientos en el uso del simulador para ofrecer una integración correcta)	Alta (Básico para el correcto uso del simulador)
EVALUACION	Media (Necesita de mayores conocimientos para su programación)	Alta (La integración es vital para la evaluación, sin ella, no puede realizarse)	Media (Proporciona información de su estado de instrucción, pudiendo ser ésta de utilidad propia o para la unidad)
MANTENIMIENTO	Alta (Funcionalidad básica para mantener operativo el sistema)	Media (El sistema debe mantenerse operativo para realizar integraciones; cables en buen estado, material en condiciones de uso)	Baja (No participa en estas labores, tan solo se beneficia del buen estado)
	Alta (Funcionalidad básica para mantener el sistema con la última información)	Media (La situación deseada es que todos los sistemas posean la última de ellas que permita la evaluación de operarios en las mismas condiciones, no siendo del todo necesario)	Baja (El usuario puede utilizar el sistema esté actualizado o no, ya que puede obtener información sobre su adiestramiento con versiones anteriores)
ACTUALIZACION			

Se puede ver cómo la relación entre criticidad y casos de uso es mixta, en la tabla 7 aparecen casos de uso con una criticidad más alta, son aquellos que están más directamente relacionados con los operadores y con las funciones del simulador, suponen el grueso del sistema y se debe velar por que sucedan correctamente, intentando si cabe prestar especial atención a que su diseño sea lo más acertado posible. Aquellos de criticidad media son necesarios y se debe velar por que se mantengan. Si se produce un problema se dará prioridad a su solución, pero no tanta como a los de criticidad alta. Finalmente, los elementos de criticidad baja son los menos relevantes para el sistema de simulación, pero tienen importancia. Que se genere un problema en cuanto a ellos no implica gran importancia y no se deberán destinar grandes recursos a su solución.

4.3. Desarrollo de los contenidos del simulador

En base a los casos de uso presentados, en este apartado se propone un diseño para una aplicación que satisfaga los requerimientos establecidos. Al final del apartado se muestra la tabla 8 con información gráfica sobre toda la explicación que a continuación se expone.

Acceso al programa: El accederá a la aplicación del simulador HAWK, se identificará con usuario MINISDEF y cargará su perfil. Accederá al menú de gestión de perfil o al menú de selección de sistema de armas en caso de querer mantener la última configuración de perfil. Los datos de la cuenta MINISDEF aportan todos los datos personales del participante, quedando registrado en el programa. En ese momento el programa actualiza el histórico de datos del usuario. Ello permite su aplicación en numerosas opciones como la evaluación, la “gamificación” de resultados y la extracción de ellos para elaboración de informes u otras necesidades. Como muestra la imagen 1 en la tabla 8.

Tras acceder el usuario encontrará un menú con diferentes opciones a elegir como puede verse en la imagen 2 de la tabla 8.

Menú de gestión de perfil: Permite las opciones de:

- Nombre de la unidad: Gestión personal para cambiar el indicativo utilizado en el ejercicio.
- Datos de las comunicaciones: Permite establecer una red de comunicaciones mediante mensajería entre los puestos seleccionados, con los cuales se establecerá una malla

- cerrada de comunicaciones. La mensajería “chat” es independiente del ejercicio y su configuración.
- Entidad que afrontará el ejercicio: Tras pulsar en ella, se selecciona el rol afrontado por dicho elemento a elegir entre:
 - Colectivo: Permite configurar un ejercicio para varios usuarios, y simular el resto:
 - Director²¹: Dirige el ejercicio e impone su configuración de ejercicio al resto de participantes. Tras ello, da la opción de simular el resto de puestos tácticos no ocupados.
 - Subordinado: Asume la información dictada por el elemento director.
 - Autónomo: Permite hacer instrucción de forma autónoma, sin ser influido por las decisiones de las estaciones directoras

Al completar la información solicitada en este apartado, el programa interrogará la gestión del simulador, para lo cual desplegará el siguiente menú, imagen 3 en la tabla 8. Donde podremos introducir información en los siguientes aspectos:

Menú de gestión de simulador²²: Permite al usuario modificar datos relativos al ejercicio, como en los casos anteriores. Si la estación que lo configura es directora, su selección se implementará en el resto de los equipos subordinados. Se distingue entre:

- Selección de sistema de armas²³:** Accediendo a este menú el usuario puede elegir el sistema de armas con el cual se quiere realizar la simulación (No se ha profundizado en el desarrollo de este apartado porque el trabajo se centra sólo en la simulación del sistema de armas HAWK).
- Cartografía:** Se puede seleccionar el tipo de cartografía empleada en el ejercicio a distinguir entre:
 - Ficticia: El programa cargará varios escenarios diseñados y almacenados en la raíz del programa por defecto.
 - Real: Se podrán seleccionar escenarios reales transferidos previamente por un órgano externo oficial con autoridad para ello.
 - Diseño de cartografía: Permite al usuario la configuración física a gusto del ejercicio. Los archivos creados pueden traspasarse entre usuarios por la mensajería escrita, así mismo se almacenarán en el perfil MINISDEF del usuario que lo ha creado.
- Tipo de simulación que se va a ejecutar:** Se diferencian distintos tipos de ejercicios que se pueden afrontar a elección del usuario, en cualquier caso podrá seleccionarse el tipo de simulación o su versión de instrucción, que será similar a ésta con la diferencia de que el asistente estará activo, y dará información emergente para el usuario, ayudándolo y guiándolo a la altura del proceso que lo solicite. Los tipos de simulación son los siguientes:
 - Estandarizada²⁴:** Suele ser la parte más complicada en el aprendizaje del sistema. Consiste básicamente en disponer la batería para entrar en zafarrancho de combate. Desde que la llegada al asentamiento y la puesta en posición, hasta que la batería está lista para designar objetivos. Comprende numerosos procesos recogidos en el manual del Oficial Táctico del sistema de armas HAWK, por el carácter confidencial de su conocimiento, serán hará referencia a ellos de forma muy general. El procedimiento de integradas²⁵ se simulará en este apartado. Se realiza cuando no hay luz natural y no se puede disponer de la VTG²⁶ para realizar las secuencias de fuego y algunas pruebas del HIPIR que incluye las estandarizadas.
 - Batalla aérea:** Al finalizar las estandarizadas se adopta el estado de alerta correspondiente y comienza la batalla aérea. Una vez adoptado el estado de alerta, se ejecutarán ejercicios simulados a los reales, pasando la batería a “Zafarrancho

²¹ Cualquier estación puede ser directora o subordinada. En caso de ser un ejercicio de evaluación, no hace falta seleccionarse esta opción, ya que se gestionará a través de otro menú.

²² Todos los campos quedarán supeditados a los seleccionados por la estación directora, en caso de ser un ejercicio con dicha distribución.

²³ No se implementará en el presente trabajo, la idea que plantea el simulador sería por hacer instrucción de todos los sistemas de armas del ET. Se contempla la opción de poder seleccionar otro sistema de armas, pero sólo se desarrollará el software del

²⁴ Estandarizada: El proceso aparece explicado de forma simple en el ANEXO II, por el carácter confidencial de algunos de sus apartados.

²⁵ Integrada: proceso realizado en la BCP, basado en una integración con el escalón superior.

²⁶ VTG: Cámara de televisión que poseen los radares HIPIR.

de Combate" o "Zona Caliente"²⁷. Se procedería entonces a la simulación de la instrucción con el RO y SRO ya situados en sus puestos tácticos para realizar el combate en consola. En la cual los operadores ocupan sus puestos tácticos y se disponen al combate. En esta fase, tanto si el ejercicio ha sido creado de forma local como si es impuesto por un órgano evaluador se poseerán unas consignas previas al combate de las que obtengan toda la información para afrontar el ejercicio. Ejemplo de ello es el estado ENCOM de control de las emisiones, los diferentes estados de alerta EW, las medidas de control ACM y los ACO / ATO que se requieran para la operación. En este tipo de simulación aparecerán las trazas²⁸ en la pantalla PPI y se recibirán órdenes de combate en los diferentes puestos. El programa registrará todos los movimientos realizados por los operarios. Y la simulación consistirá en la gestión de operaciones de AAA a tiempo real simuladas. De esta forma los operarios se familiarizarán con diferentes aspectos del combate aéreo en pantalla PPI y la forma de gestionarlo, a modo de ejemplo:

- Tácticas de vuelo de combate: Los pilotos son entrenados para realizar técnicas de combate que les permiten engañar a los operadores de los FDC por medio de la confusión a los sensores. Es una de las complejidades que tiene el combate en pantalla PPI, ya que los operadores no ven físicamente el comportamiento de la aeronave por lo que no saben que es lo que está haciendo exactamente en cada momento.
- Perturbaciones: Cuando una aeronave realiza contramedidas electrónicas contra los sensores de un sistema de armas de AAA, la pantalla PPI registra irregularidades. Esta situación se puede combatir pero requiere una mayor destreza del operario.
- **Integración con otros elementos**²⁹: Este modo de simulación instruye a los operarios una vez se ha realizado la estandarizada en los procesos a realizar para enlazar o integrar con otros sistemas de armas u órganos superiores. El programa introducirá fallos en función de la dificultad. En numerosas ocasiones, los fallos de enlace e integración producidos son de tipo físico de los elementos. Por ello, esta simulación irá reforzada con una sección *test* emergente en el momento del fallo, que preguntará al operario las posibles causas por las que no está siendo efectivo el enlace. De esta forma, cuando un problema similar suceda en la realidad el operario tendrá determinadas nociones de cuál puede ser la causa origen del fallo. Todo ello incluiría un grabado de información de todo el proceso y generación de informe de fallos y aciertos posterior.
- **Proceso completo**: Este modo de simulación contempla la realización de una estandarizada a 5 minutos, una posterior batalla aérea de dificultad elegida o impuesta, además de la integración con el órgano superior correspondiente. Con grabado de información y resultados de todo el proceso.

Menú de evaluación: Este proceso estará en todo momento controlado por el órgano de evaluación que impondrá sobre los operarios del sistema el tipo de ejercicio a realizar, las condiciones y la dificultad de la prueba. En cualquier caso el operario desconocerá toda la información relevante al ejercicio excepto el puesto táctico que ocupará durante la prueba, así como la información previa al ejercicio explicada anteriormente en el apartado de "batalla aérea".

Hasta aquí todos tipos de simulación que se pueden ejecutar. Volvemos al menú gestión de simulador:

- **Dificultad:** Permite seleccionar cuan complicado será afrontarse al ejercicio, para ello se elegirá un porcentaje de 0 a 100, siendo 0% el ejercicio más sencillo posible y 100% el más complicado posible. Cada punto del porcentaje supone mayor grado de dificultad, introduciendo aleatoriamente medidas que compliquen el ejercicio. En cualquier caso, la generación del ejercicio será aleatoria y nunca coincidirá con otra anterior, teniendo el

²⁷ Zona caliente: fase del combate en la cual, los aparatos pasarán a estar todos en remoto y el control se llevaría a través de la BCP y sus operadores.

²⁸ Traza: Nombre que recibe la representación de una aeronave en una pantalla PPI que refleja la información que recibe un sensor del espacio aéreo. Por lo general, las trazas suelen analizarse en los diferentes FDC de AAA desde donde se realiza su gestión.

²⁹ Integración: Proceso mediante el cual los distintos elementos de AAA mantienen una conexión entre ellos que les permite la transferencia de información entre ellos a tiempo real. En el ANEXO III se incluye una imagen que completa el entendimiento de esta definición de una forma más visual.

mismo porcentaje de dificultad. Pudiendo mantener así esta misma dificultad. Diferenciamos entre ellos saltos en la dificultad en los siguientes porcentajes:

Para el caso de ejercicios de simulación completos, instrucción y batalla aérea:

- 0-20%: Pocas aeronaves con desplazamientos sencillos, no se contempla el uso de contramedidas, ni tácticas de vuelo de combate, tampoco aparecen medidas de guerra electrónica ni fallo en los equipos.
- 20-40%: Aparece un mayor número de aeronaves, utilizan tácticas de vuelo de combate, no utilizan contramedidas, ni guerra electrónica. Tampoco se producen fallos en los equipos.
- 40-60%: Se mantiene el nivel anterior, se implementan tácticas de vuelo de combate por parte de las aeronaves y uso de contramedidas.
- 60-80%: En este intervalo de dificultad, la batalla aérea será influida por guerra electrónica. Los equipos funcionan sin generar ningún fallo.
- 80-100%: Se aplican todas las dificultades posibles incluyendo fallos en los equipos, a solventar por los operarios.

Para el caso de ejercicios de simulación de estandarizada e integración:

- 0-30%: Se sigue el proceso de arranque de equipos normal sin fallos, tampoco se exige tiempo mínimo de realización de los procesos.
- 30-60%: Aparecen en el ejercicio tiempos mínimos para la realización de los procesos de estandarizada, según se aumenta el porcentaje, disminuyen los tiempos mínimos y comienzan a aparecer alertas que generan estrés en el operador.
- 60-90%: Se mantienen las medidas anteriores, y se implementan fallos aleatorios en los sistemas.
- 90-100%: Ocurren fallos, que deben ser detectados por los operadores, tras ello, el sistema interroga que posibles causas pueden tener esos fallos y como deberían solucionarse en formato "test".

Menú de mantenimiento: El menú permite la integración con los aparatos del órgano de mantenimiento, en este caso un equipo informático de la UR. Esta función permitirá el testeo de los aparatos de cara a la ejecución de las distintas labores de mantenimiento.

Menú de actualización: El menú permite la integración con el *software* de la empresa desarrolladora del mismo. Dará dos opciones:

- **Conexionado con empresa desarrolladora:** Permite la descarga del servidor de la empresa desarrolladora en uno de los terminales del simulador.
- **Conexión local del simulador para la actualización:** Permite la conexión local de todos los equipos que conformen el simulador. Dará dos opciones:
 - **Director de actualización:** Previo a la selección de este paso, el terminal designado como director deberá haber descargado la actualización del servidor de la empresa desarrolladora y haberlo instalado correctamente sin fallos. Más tarde, seleccionará este menú para transferir la actualización al resto de los elementos del simulador evitando la necesidad de una descarga de archivos en todos los terminales. Para hacer el proceso más seguro, se recomendará la descarga en dos o tres terminales para reducir el riesgo de fallo en la carga de la actualización.
 - **Receptor de actualización:** Permite la función de un conexiónado local de todos los elementos que conforman el aula simulador para la recepción de actualizaciones de forma subordinada a otro terminal director que ya la ha recibido anteriormente.

Se expone una tabla en la que se pueden consultar de forma gráfica las referencias del texto anterior en la explicación de las diferentes opciones a realizar con el *software*.

Tabla 8. Menús de acceso y funciones dentro del simulador

IMAGEN 1	IMAGEN 2
IMAGEN 3	IMAGEN 4

4.5. Diagrama de actividades

Para entender correctamente cómo se llevan a cabo todos los procesos anteriormente expuestos en el simulador se presenta a continuación un diagrama de actividades. Este diagrama consiste en una división por actores en el uso del software. En él pueden apreciarse todas las interacciones con el programa, las opciones que ofrece y cómo resuelve cada proceso según se va eligiendo la información deseada. En la ilustración 4 se ha definido el diagrama de actividades de aplicación al sistema de simulación del sistema de armas HAWK.

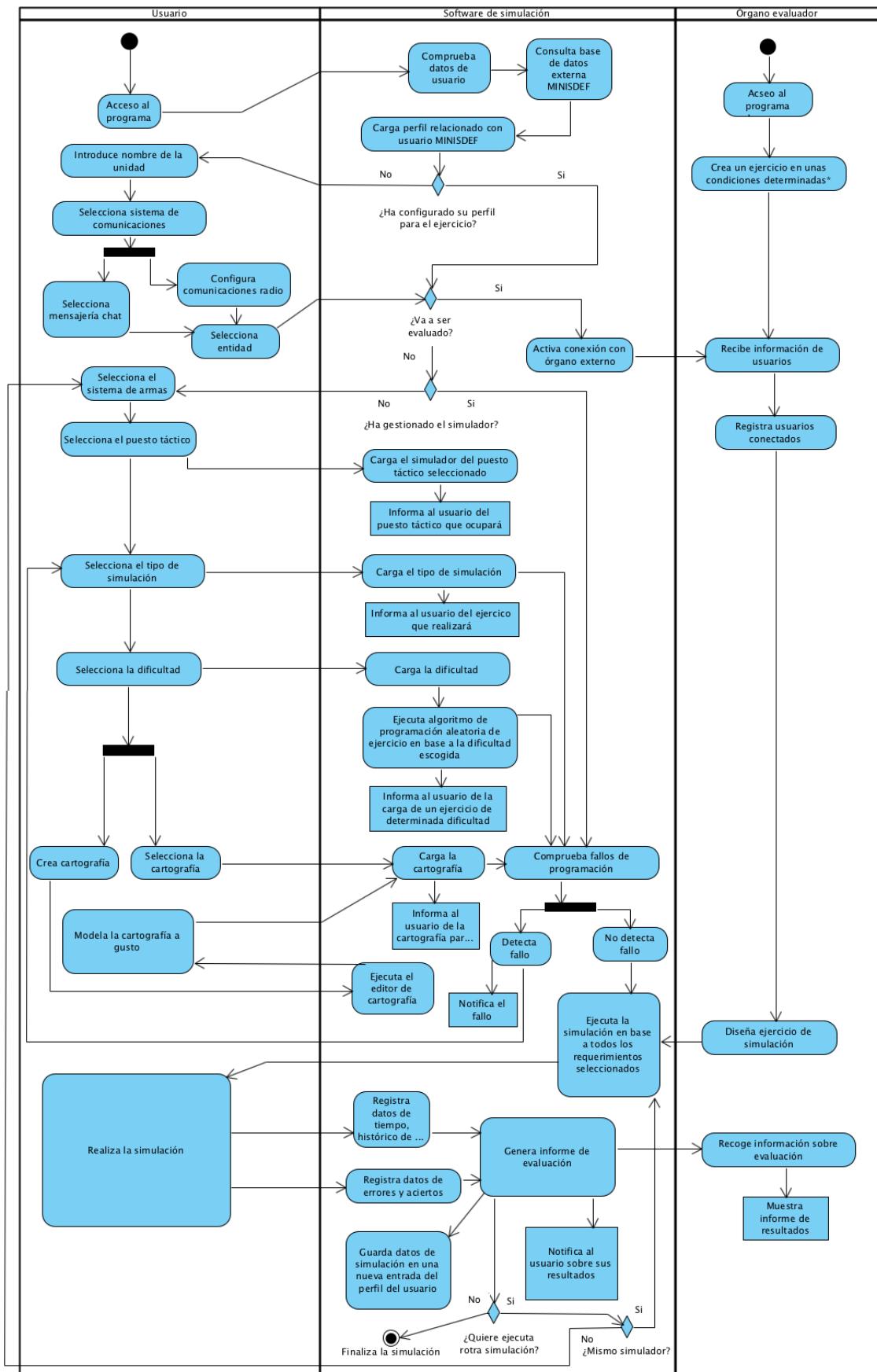


Ilustración 4. Diagrama de actividades desarrollado para este caso

Bloque 5. Diseño del aula simulador

5.1. Distribución física

Del planteamiento realizado en este trabajo se extrae una primera idea de la distribución y conexionado de los elementos del simulador de la siguiente forma entre los departamentos del aula simulador:

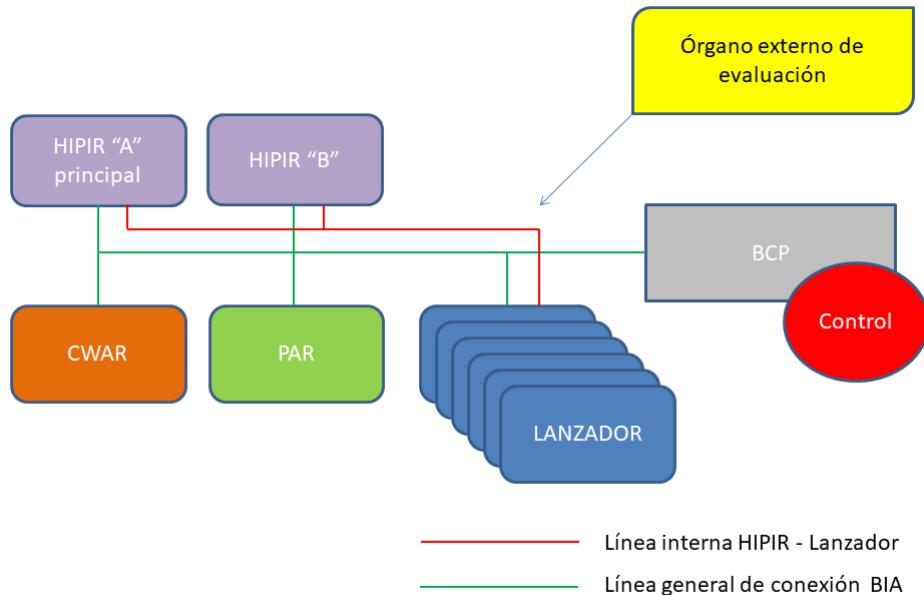


Ilustración 5. Esquema de la distribución física de un aula simulador HAWK¹.

Para dar servicio a todos los puestos tácticos que se quieren simular, se considera necesaria la creación de salas destinadas a albergar cada uno de los puestos de forma independiente a los demás, ya que, en una situación real, los puestos no tienen por qué tener enlace visual con los demás. Por ello, poseerán una red de comunicaciones real o simulada mediante mensajería o telefonía.

Para cumplir estos objetivos se necesitan, al menos, las siguientes dependencias³⁰:

1. Sala *Battery Command Post* (BCP): Que permita la simulación de los 4 puestos tácticos del TO, segundo operador táctico (RO), el segundo operador HIPIR (RSO) y operador de comunicaciones (BCPO). Proyectará en pantalla las imágenes captadas por las cámaras VTG que también se verán en las consolas del RO y SRO. [8]
2. Sala *High Power Illuminating Radar* (HIPIR x2): Que permita la simulación del panel del radar. También podrá observarse la zona próxima al radar, así como las imágenes captadas por las cámaras VTG, mediante un proyector.
3. Sala polivalente (x2): Que permita la simulación de los puestos tácticos de los *Continuous Wave Acquisition Radar* (CWAR) y *Pulse Acquisition Radar* (PAR). Pudiendo instruirse más operarios, la sala contará con más equipos de los necesarios para una BIA HAWK.
4. Sala lanzadores: Que permita la simulación de al menos 2 puestos tácticos de lanzador. La situación óptima podría llegar a ser la simulación de 10 puestos de lanzador³¹.
5. Sala externa de evaluación: No se contempla en la distribución física del simulador porque dicho órgano es aportado por otras unidades externas al propio simulador.

³⁰ Dependencias: Pueden consultarse diferentes imágenes 3D de la distribución física de las aulas en el ANEXO VII, basado en el artículo: "Avance tecnológico en la formación de operadores HAWK", Teniente D. Sergio Moreno Romero GAAA I/74 , marzo 2020. En ellas se puede ver como estarían dispuestos los operadores de forma esquemática. Así mismo la numeración utilizada en los siguientes apartados se corresponde con la numeración de la Ilustración 6 que encontrará más adelante.

³¹ La configuración de lanzadores para una BIA HAWK del ET, son 6, pero pueden llegar a conectarse hasta 10, siendo así en otros ejércitos. Esta forma de simulación permitiría la instrucción de más operarios a la vez.

6. Sala de conexiones: Que permita la conexión de otros simuladores, el conexionado del órgano externo de simulación, salidas para el conexionado a red y cualquier otra toma necesaria.

5.2. Aula simulador y elementos

En la ilustración 6 se detalla un plano en planta de la posible distribución de un aula simulador que cumpla las características descritas anteriormente. Para adaptarlo a una situación realista, se han tomado las medidas reales de la entreplanta del aula SIMACA, de la Academia de Artillería, que ya cuenta con un simulador de artillería de campaña. [9]

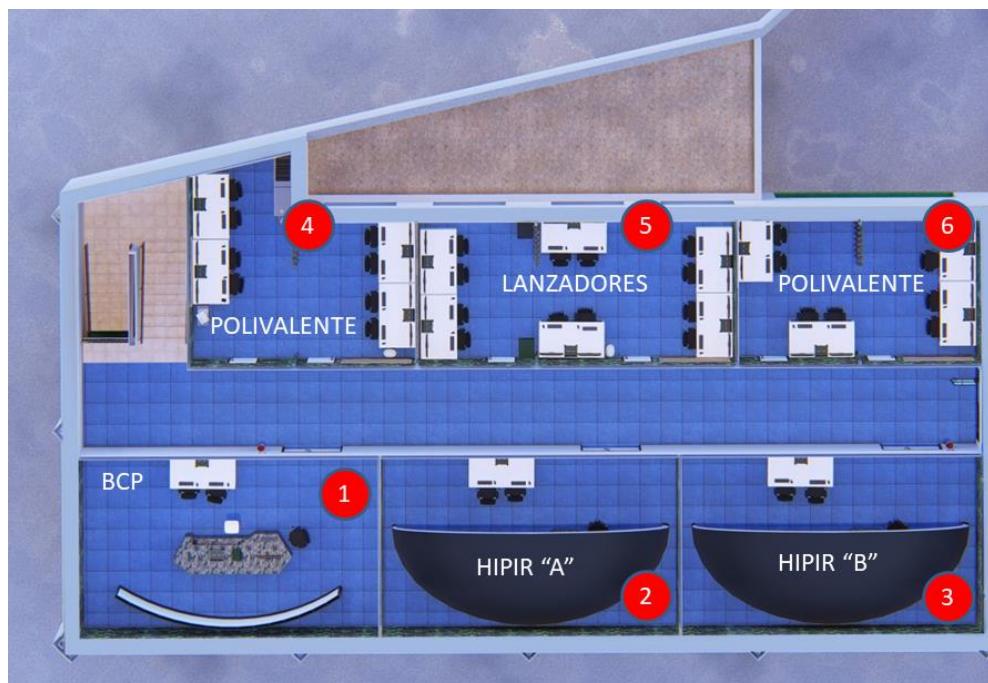


Ilustración 6. Distribución en planta de un aula simulador adaptado a todos los puestos tácticos de una batería HAWK [5]³²

La sala simulador estaría dividida en 6 habitáculos, los cuales poseerán elementos diferentes explicados de forma más detallada en el Anexo V. Se ha elegido esta distribución por la información obtenida de la entrevista realizada al Teniente Sergio Moreno Romero [5].

Los elementos táctiles que aparecen mencionados en el Anexo V simularán las consolas, botonaduras, pulsadores y selectores de los puestos tácticos. Su funcionamiento será el siguiente:

- Selectores con pocas opciones: pulsando una vez sobre él, avanzará a la posición siguiente, así hasta agotarlas todas y volverá a la posición inicial.
- Selectores con muchas opciones: pulsando y manteniendo sobre él, el programa desplegará un zoom sobre las diferentes lecturas. Desplegando el dedo sin levantar de la pantalla se seleccionará la lectura deseada. Esta lectura quedará seleccionada.
- Botonería: Al poseer únicamente dos opciones, se simulará con un toque sobre el mismo que oscilará entre modo ON y OFF lumínicamente, tal cual ocurre en la realidad de forma física como en la ilustración 8.
- Los joysticks se simulan de forma física bajo la pantalla táctil con un hardware físico.

³² Ilustración 6. Fuente: Artículo “Avance tecnológico en la formación de operadores HAWK”, Teniente D. Sergio Moreno Romero GAAA I/74 , marzo 2020.

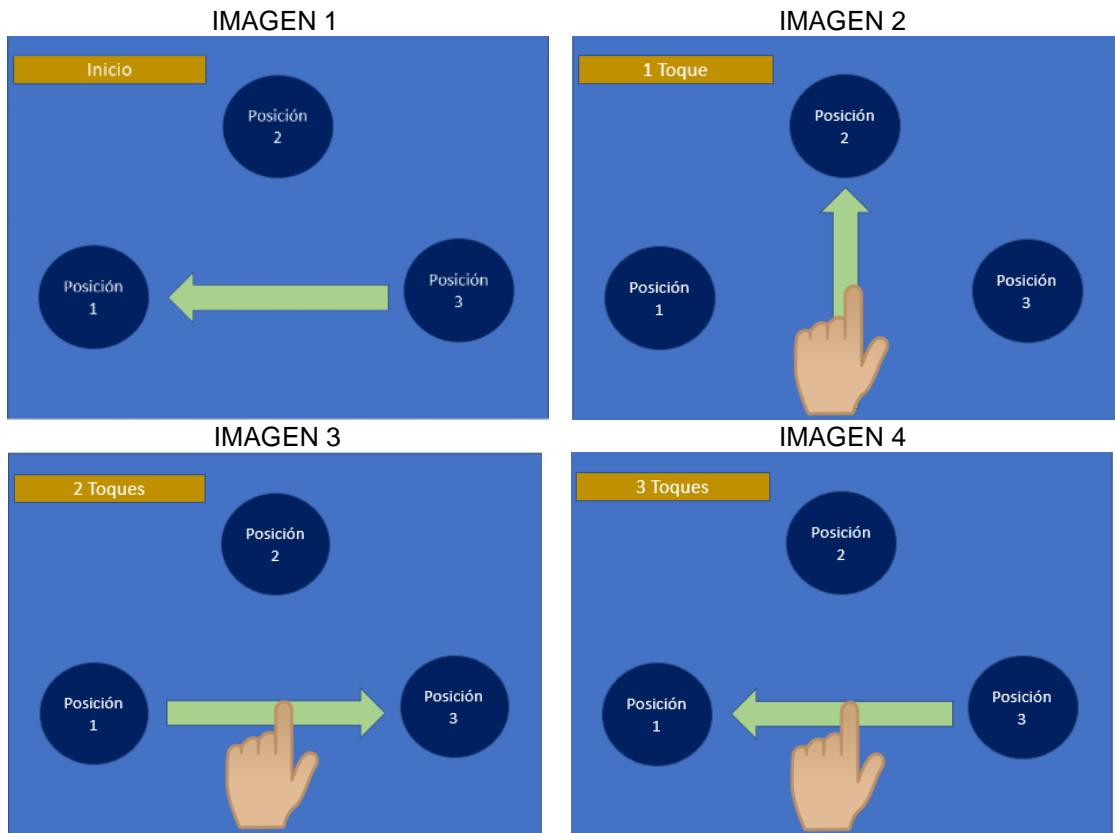


Ilustración 7. Esquema de funcionamiento de los pulsadores del simulador

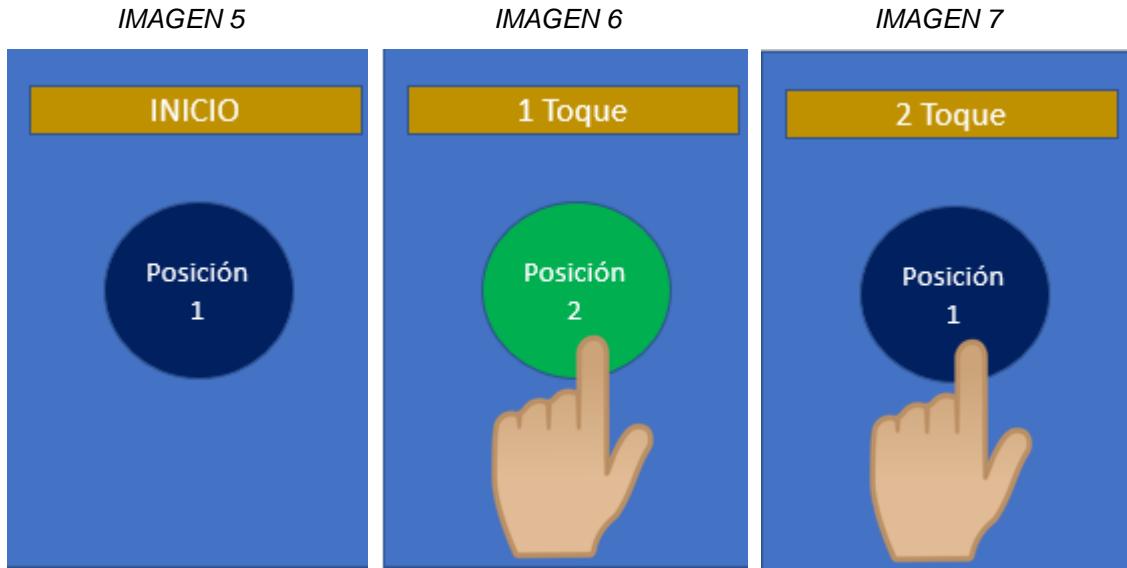


Ilustración 8. Esquema de funcionamiento de los pulsadores del simulador

Es importante planificar no solo la distribución en el aula, sino también el esquema de la pantalla los botones. A modo de ejemplo, se expone a continuación un esquema de cuál es la distribución en el software de los elementos simulados de la consola de la BCP, una vez se ha entrado en el modo simulación. Los elementos no se representan con total exactitud por el carácter confidencial de su conocimiento. Se ha escogido una distribución muy similar a la del sistema real. En el caso de la BCP se ha añadido la ventana del asistente al lado izquierdo. Esta ventana solo mostrará datos, no simulará en ningún momento botones u otras funciones.

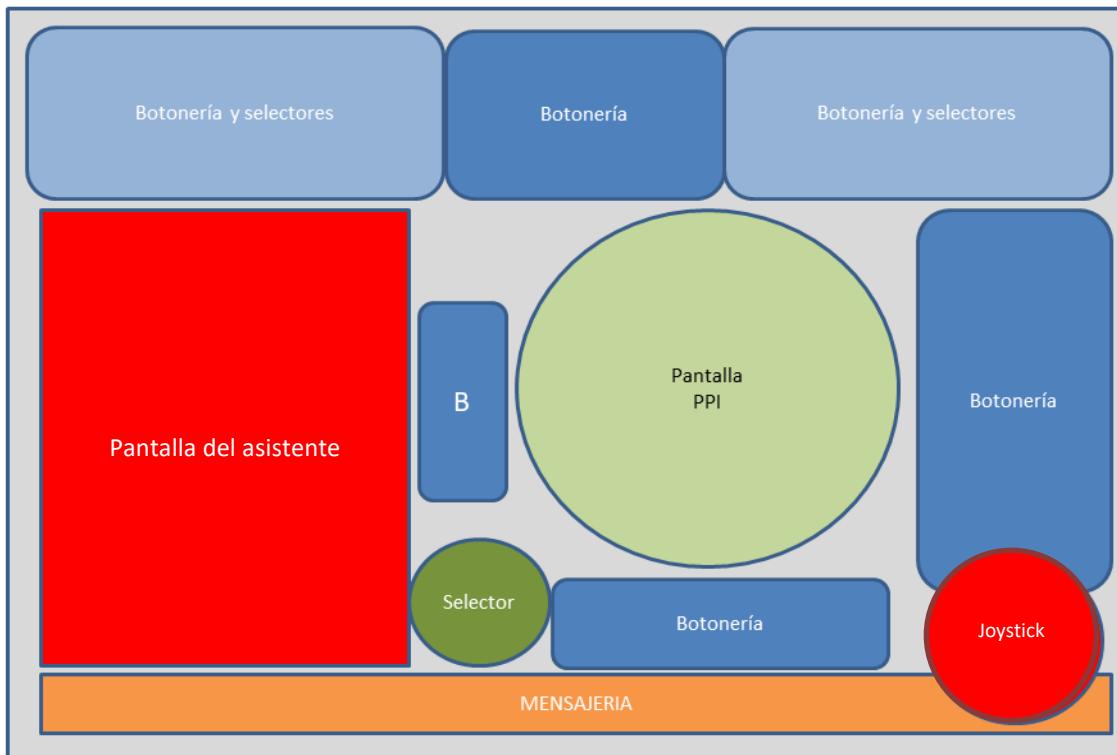


Ilustración 9. Esquema de visualización en pantalla del simulador del puesto táctico ocupado por el TO

Los elementos que aparecen en azul y verde serán simulados exactamente igual que en la realidad, siendo esa su posición. En rojo se representan, tanto la ventana del asistente como el alojamiento del *joystick*. Otros puestos tácticos tendrán una distribución similar a su distribución real, tal como se ha explicado con la representación de la consola BCP. El alojamiento del *joystick* queda definido físicamente por su representación en la ilustración 9 pero no será simulado en esa posición, será simulado de forma física por elementos de hardware que cumplan la función. Estos elementos se situarán (en el caso de la consola de la BCP) en la parte baja, a la derecha del teclado, utilizado para la comunicación por mensajería.

Bloque 6. Plan económico y de gestión de la calidad

6.1. Presupuesto

Para hacer un cálculo aproximado del coste del simulador se ha construido la tabla 9 en la que se puede ver un desglose de unidades y precios. Para el cálculo, se ha tomado como base la distribución planteada en el bloque 5. Los precios han sido calculados en base a equipos capaces de procesar el trabajo de un simulador de estas características sin problema. El desglose de equipos, precios y características se adjunta en el Anexo IV.

Se detalla una tabla en la que se desglosan los diferentes elementos junto con el número de unidades e importe total alcanzado para simular una batería HAWK al completo.

Tabla 9. Presupuesto para la adquisición de equipos del sistema de simulación HAWK

UNIDADES EN CADA SALA

	BCP	HIPIR(x2)	PAR	CWAR	LNZ	Total de unidades	Precio(€) por unidad	Total(€) por material
PC	4	2	1	1	6	14	999,99	13999,86
PANTALLA TÁCTIL PROYECTOR	7	4	2	2	6	21	239	5019
PANTALLA PROYECTOR MESA	1	2	0	0	0	3	89,95	269,85
SILLA	1	2	0	0	0	3	52,99	158,97
JOYSTICK	4	2	2	2	6	16	336	5376
SILLA	6	4	4	4	12	30	69	2070
JOYSTICK	3	0	0	0	0	3	38	114
							Total(€)	27.007,68 €

Reparto del material para el simulador

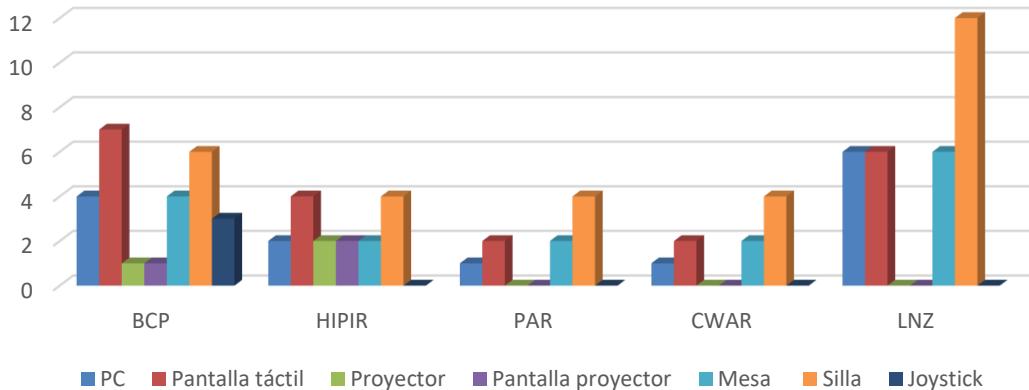


Ilustración 10. Reparto de material por puestos tácticos en el aula de simulación HAWK.

A todo ello habría que añadir el precio del desarrollo del software con las capacidades que se requiere, para lo cual se interrogó a diferentes empresas de desarrollo de simuladores. Se ha contactado con diferentes empresas de desarrollo de simuladores [8], [10], [11], [12]. Con la información obtenida, y contrastándola con la opinión de distintos expertos militares y civiles en la materia, se ha estimado un coste de desarrollo de aproximadamente 112.000€. A esta cantidad podría sustraerse el coste asociado al análisis funcional realizado en el trabajo, obteniendo un precio de adquisición del software de 101.000€. Del presupuesto los costes de instalación y de inmuebles. Ya que la instalación correría a cargo de las unidades técnicas de apoyo directo como la UR, y las instalaciones serían adaptadas por las unidades, usando dependencias sin uso o con un bajo coste de readaptación. Finalmente, se alcanzaría un coste total de 128.007,34€, el desglose que da definido en la tabla10.

Tabla 10. Coste de desarrollo del sistema de simulación

Coste del desarrollo del software	112.000,00 €
Coste del análisis fundamental del software	-11.000,00 €
Coste total del material	27.007,67 €
TOTAL	128.007,67 €

6.2. Gestión de la calidad. Análisis de riesgos

En la tabla 11 se expone una relación riesgos analizados en el trabajo y la forma de solventarlos. Para ello se han catalogado en diferentes columnas la gravedad antes y después de la toma de medidas para su solución. En la memoria aparece detallado el caso de 3 de los riesgos más importantes de cada clase. En la siguiente tabla 11 se pueden consultar todos los riesgos a los que se expone el sistema de simulación, el impacto de su ocurrencia, una posible alternativa y la evolución del riesgo tras la ejecución de la medida tomada.

En el trabajo se han detectado 12 tipos de riesgos importantes que podrían afectar de forma directa al desarrollo el mismo. Se exponen a continuación los dos criterios base en torno a los cuales se ha realizado el estudio. Uno de ellos es el impacto, el cual varía entre alto (3), medio (2), y bajo (1); la probabilidad de qué ese riesgo ocurra puede ser baja (1), media (2), o alta (3). La matriz de riesgos agrupa según importancia todos los riesgos a los que se somete el trabajo. Para cada riesgo se han propuesto en la tabla 11 con una serie de medidas, se han evaluado los resultados y se ha actualizado el estado del riesgo.

Primero valoramos los riesgos con un mayor nivel de criticidad. El bajo presupuesto haría mucho daño a la elaboración final de un sistema de simulación, y tiene difícil solución ya que no depende de los desarrolladores del sistema ni del equipo de investigación. La solución propuesta es la elaboración de una justificación especial para que pueda llevarse a cabo, basándose principalmente en argumentos mencionados en capítulos anteriores del trabajo donde se defendía como una fortaleza para la unidad, y la forma en que ésta se muestra al resto dentro del ET.

Tras ello valoramos los cinco casos de criticidad media-alta:

- Que no se disponga de espacio suficiente para su instalación en las unidades es una de ellas, para lo cual se ha propuesto instalar el simulador en la Academia de Artillería, lo que reduce el efecto significativamente. La academia es un lugar dedicado al entrenamiento que actualmente dispone de espacio suficiente para destinar a la instalación de un aula simulador [5].
- Fallos en el diseño del *software*, a lo cual se ha propuesto como solución exigir el cumplimiento de unas fechas mínimas en las entregas del diseño, que mantengan unos niveles mínimos de calidad por contrato. De esta forma la empresa desarrolladora mantendrá un especial cuidado en su desarrollo. Lo cual convertirá el riesgo en uno de probabilidad media-baja, ya que el mal diseño quedará limitado a fallos puntuales en su realización.
- Fuentes de información sin permiso de difusión abierta, a lo que se ha propuesto como solución la búsqueda de información en fuentes alternativas. Algo lógico que baja muy poco la probabilidad de ocurrencia, pero no posee otras soluciones aparentes que no sean el desembolso económico para la compra de información de este tipo. Algo que entra en conflicto con la premisa de mantener un presupuesto bajo en la medida de lo posible. Por lo que se mantendrá como solución ante dicho riesgo.
- Falta de conocimiento informático del personal, a lo que se ha propuesto la planificación interna en la unidad de un curso de actualización informática de uso básico. Ello reduce mucho la probabilidad de que este riesgo ocurra. Algo que puede realizarse sin coste alguno pudiendo ser asumido por la misma unidad y su personal especialista, o haciendo una petición de apoyo a otra unidad.
- Aparición de errores del software atribuidos a su funcionamiento, algo de normal ocurrencia en el uso de cualquier sistema, a lo que se ha propuesto la generación de un equipo de mantenimiento en la unidad de uso del sistema. El cual realice labores de mantenimiento preventivo y predictivo que permitan minimizar la aparición de estos fallos. El coste sería mínimo y asumido por la unidad y su personal con la especialidad informática que permite que se lleve a cabo.

Por último se procede a valorar los riesgos de menor probabilidad de ocurrencia o probabilidad media-baja:

- Problemas en el suministro de materiales y equipos. Algo que no depende directamente del equipo encargado de realizar el diseño y como solución se plantea no realizar recortes presupuestarios en la adquisición y designar un equipo de la unidad con potestad para realizar auditorías de control a las empresas encargadas del suministro de los materiales y equipos. Algo que supondría un bajo coste asumido por la unidad de

uso del simulador y su personal. Ello reduciría la probabilidad de ocurrencia mucho ya que sería un proceso controlado y exigido.

- Errores en el estudio previo, a lo que se ha propuesto supervisar el proceso de búsqueda de información y establecimiento de hitos límite a cumplir. A modo de ejemplo el presente trabajo muestra el ejemplo de dicha medida. La supervisión en la búsqueda de información y su filtrado reducen mucho el margen de error y la probabilidad de ocurrencia. Para ello habría que destinar el esfuerzo de un equipo encargado de dicha labor.
- Los retrasos en la entrega de la información, de ocurrencia externa al desarrollo del simulador. Para solventar dicho problema se plantea la posibilidad de solicitar la información con mucho margen de maniobra. Lo que permita valorar la necesidad de su compra si llegado el momento si no se posee. Ello reduce el riesgo a una probabilidad de ocurrencia muy baja.
- Recepción de material dañado, a lo que se plantea la solución de supervisar la recepción de material de forma rápida y su examinado por parte de los equipos de gestión de calidad que se han mencionado en puntos anteriores. De tal forma que se puedan devolver los productos antes de que esto se descubra una vez se haya instalado y de esta forma se agilicen los trámites. Ello reduciría la probabilidad de ocurrencia a muy baja.
- Falta de uso del simulador, a lo que se plantea la creación de una normativa de obligado cumplimiento por las unidades con el sistema de armas HAWK en servicio, que permita rentabilizar la inversión dedicada al simulador. Algo factible en el entorno militar y realizable. Lo que permitiría reducir la probabilidad de ocurrencia del riesgo a muy baja.
- Que el aula no cumpla con la normativa de calidad ISO 9001, a lo que se ha propuesto como solución la supervisión de todas las fases de la instalación mediante auditorías periódicas previas a la llegada del material. Dicha medida puede ser asumida por la UR, que posee diferentes departamentos dedicados al estudio de la calidad en los procesos. Ello no elimina el riesgo total de ocurrencia por cualquier fallo aleatorio que pudiese ocurrir pero si lo minimiza, continúa siendo de probabilidad media baja con menor grado de impacto.

Tras haber comentado todos los riesgos que se pueden dar en la elaboración del desarrollo del software por grado de ocurrencia, se muestran ahora las ilustraciones 11 y 12 donde se puede ver el estado de los riesgos antes de tomar medidas y la evolución de ellos tras la aplicación de las posibles medidas explica

Matriz riesgos

Estadística

Probabilidad	3	2	1	1
	2	1	2	4
1	0	0	1	
	Low	Medium	High	
Impacto				

Clase riesgo	Número
Criticó	1
Alto - medio	5
Medio	6
Bajo	0
Total:	12

Ilustración 11. Matriz de riesgos previos a la ejecución del desarrollo del software

Matriz riesgos

Probabilidad	3	0	0	0
	2	4	0	0
	1	6	1	1
	Low	Medium	High	
Impacto				

Estadística

Clase riesgo	Número
Crítico	0
Alto - medio	0
Medio	6
Bajo	6
Total:	12

Ilustración 12. Matriz de riesgos posterior a la toma de medidas y alternativas

Todos los riesgos producen una preocupación por el normal desarrollo del sistema de simulación, ya que el 50% de los mismos son de clase media-alta o crítica. Tras el análisis de las soluciones, podemos ver como el 50% de los riesgos que se producen tras la toma de medidas pasan a ser de clase muy baja con una preocupación mínima para el equipo. El otro 50% es de clase media, no llegando en ningún momento a ser media-alta, por lo que estos resultados permiten la tranquilidad de la dirección. Que todos los riesgos sean de clase mínima es algo materialmente imposible, por lo que la dirección podría asumir un 50% de ellos en la clase media.

Tabla 11. Evaluación de los riesgos en el desarrollo del software.

Evaluación de riesgos								
ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase	Efectos riesgo	Medida / Alternativas
1	Errores en el estudio previo	dirección	Mala coordinación para ejecutar en plazo los períodos de búsqueda de información en el estudio previo.	M	2	2M	Retrasos no previstos en la realización del proyecto.	Supervisión del proceso de búsqueda de información/ establecimiento de hitos límite a cumplir.
2	Fuentes de información sin permiso de difusión alerta	dirección	Que las empresas desarrolladoras mantengan cláusulas de confidencialidad de cara a difundir información sobre simuladores militares.	H	2	2H	Paralización de la búsqueda de información.	Búsqueda de fuentes de información alternativa.
3	No disponer de dependencias en las unidades en las que se implante el simulador	dirección	Que las unidades no posean espacio físico para albergar el nuevo sistema de simulación.	H	2	2H	Retraso en la instalación del sistema de simulación en las unidades que lo van a implementar.	Instalación del simulador en la Academia de Artillería.
4	Retrasos en la entrega de documentación	dirección	No presentar la documentación en los plazos establecidos.	L	3	3L	Retraso en el desarrollo del software de simulación.	Solicitar con mucha antelación la documentación en cuestión.
5	Fallos en el diseño del software	técnico	Mala ejecución del simulador, no dedicar esfuerzo o presupuesto suficiente.	H	2	2H	Retraso en la entrega del sistema de simulación a las unidades.	No efectuar reportes de presupuesto, exigir por contrato unas fechas tope a cumplir con unos niveles mínimos de calidad.
6	Problemas con el suministro de materiales y equipos	logística	Mala gestión de adquisiciones	H	1	1H	Retraso en la entrega del sistema de simulación a las unidades.	No efectuar reportes de presupuesto, exigir por contrato unas fechas tope a cumplir con unos niveles mínimos de calidad.
7	Recepción de material dañado	logística	Mala planificación del proceso de montaje	L	2	2L	Retraso en la entrega del sistema de simulación a las unidades.	Planificar o designar un equipo de control de la calidad en el material adquirido.
8	Falta de formación informática del personal operario	personal	Personal de avanzada edad sin conocimientos o familiarización con un entorno informático actual	H	2	2H	Retraso en el comienzo del normal uso del simulador en las unidades	Planificación de un curso de formación y actualización al uso de los sistemas informáticos actuales.
9	Bajo presupuesto	dirección	Presupuestos anuales bajos para las unidades	H	3	3H	Que se adapte a una versión de simulador de peores características	Que se disponga una justificación especial para el desarrollo del sistema de simulación
10	Falta de uso del simulador	interna	Que el simulador no sea aceptado correctamente por las unidades	L	3	3L	Que el simulador se instale en las unidades pero se siga procediendo como ya se había anteriormente.	Que se elabore normativa para el obligado uso del simulador en las unidades.
11	Que el aula no cumpla con la normativa de calidad ISO 9001	calidad	Que las instalaciones y los equipos no cumplan una vez instalados, las normas mínimas de calidad	M	2	2M	Cierre de instalaciones hasta que se cumpla la normativa de calidad.	Supervisión de todas las fases del proyecto mediante auditorías periódicas internas, previa a la certificación.
12	Aparición de errores de funcionamiento	técnico	Que los equipos y el software sufran fallos que aparezcan por su uso	M	3	3M	Ralentización en el uso del simulador y formación de las tripulaciones.	Que se genere y forme un equipo de mantenimiento y un histórico de fallos y reparaciones.

Bloque 7. Conclusiones

Analizado el teatro nacional e internacional queda claro que, en la actualidad, el sistema de armas HAWK carece de medios para ajustarse a los requerimientos de un ejercicio con sistemas de armas actualizados a nivel simulación. El costo de sus reparaciones y el tiempo empleado en los ingresos del material exceden los límites que la unidad se puede permitir. De ello deducimos que la inversión en este desarrollo actualizará las capacidades no solo del sistema sino también de la unidad que lo emplea. Reduciría también el trabajo del personal destinado al mantenimiento, un punto clave a tratar ya que las unidades disponen cada vez de menos personal dedicado a estas labores y su trabajo se multiplica, generando situaciones y condiciones laborales no sostenibles.

Ejecutar un proyecto de con estas características supondría un ahorro muy grande en créditos destinados a consumo de combustible y labores de mantenimiento, lo cual podría verse amortizado en un tiempo no superior a dos años por el simulador-. Prueba de ello son los sistemas de armas que cuentan con aulas simulador en la Academia de Artillería, o los sistemas portátiles de simulación utilizados en las unidades. Han sustituido semanas de maniobras realizadas anualmente por semanas de simulación, reduciendo el gasto del traslado del personal, vehículos y combustible a solo el del traslado y alojamiento, la mayoría de las veces nulo por ser una dependencia del Ejército de Tierra.

Otro aspecto importante a tratar es la obsolescencia del sistema de simulación actual que emplea la BCP. Posee numerosas limitaciones así como un bajo nivel de reutilización. Sus ejercicios son los mismos cada vez que se configura, y una vez se descubre la manera de vencer en cualquier ejercicio, el resto de veces será igual. Durante la realización de ejercicios de instrucción con el material de simulación actualmente disponible, se pudo comprobar cómo personal sin conocimientos del sistema, era incapaz de abordar la dificultad del ejercicio de simulación por su desconocimiento. A la vez, personal instruido en el sistema sin problema para enfrentar estos ejercicios de simulación elaborados por el IOT, carecía aún del total conocimiento para ejecutar el proceso de estandarizada de forma correcta o con el menor número de fallos posibles. De esta forma, se pudo constatar cómo el sistema de simulación actual no permite satisfacer las necesidades de formación que requiere la unidad.

El proceso de investigación ha sido ambicioso, ya que una vez tomada la decisión las fuentes de las que puede beber un proyecto de simulador militar son amplias. El presente trabajo ha indexado ideas de sistemas actuales, pero ha focalizado más sus esfuerzos en identificar aquellos requerimientos básicos para el sistema, de tal forma que el sistema de simulación ofrezca una aventura de simulación completa, con la menor cantidad de fallos posible y lo más parecido al entorno real con los medios disponibles. Gran parte del trabajo centra sus esfuerzos en la minimización de aspectos no relevantes para el simulador, por lo que la opinión de los operadores se ha tenido muy en cuenta para el desarrollo de los procesos ejecutados por el simulador.

La forma de abordar la simulación se ha planteado tratando de asemejarse en lo posible a la estructura y funcionamiento de los sistemas reales. Describiendo en cada caso como se ejecutarían las simulaciones en pantalla táctil, no desarrollar la botonería físicamente supone un reto, pero también reduce gastos por lo que es una prioridad. Albergar la opción de un asistente a tiempo real de mucha vida al simulador, restando importancia a la necesidad presencial de un instructor. El punto fuerte de este análisis es la capacidad de poder hacer instrucción de forma individualizada o mixta, ya que la operatividad de los sistemas y el personal no siempre se encuentra al completo de sus capacidades. De esta forma se puede sacar el trabajo adelante en una unidad mientras se estudia la forma de resolver esos otros problemas, sin que ellos influyan en su normal funcionamiento y su preparación.

Materializar el simulador en forma de aula es otra más de las ambiciones de este trabajo, dejando clara la necesidad de ello, se ha hecho evidente que su creación es una realidad tangible, a un costo no muy elevado. La distribución propuesta siempre podrá adaptarse a las necesidades, al material y dependencias disponibles en la unidad. La sala simulador al completo, satisface las necesidades de todos los puestos tácticos en el empleo del sistema de armas, pero su adecuación a las necesidades de una unidad puede requerir modificaciones. Es aquí donde

una unidad podría decidir instalar algunos de los puestos como BCP o HIPIR, por motivo de las limitaciones de espacio en sus dependencias o elevada instrucción de operarios de otros elementos.

Las evaluaciones para la preparación del tiro de misil anual requieren una dedicación exclusiva al sistema durante meses. Las certificaciones otorgadas por la UR para el mismo podrían complementarse con las experiencias de simulación, no siendo necesarias tantas evaluaciones, bien por el mayor grado de práctica y conocimiento del sistema gracias al simulador, o bien por que el programa permita desarrollar capacidades mecánicas a la hora de afrontar estas pruebas.

Para concluir, el trabajo ha permitido recabar información muy diversa de interés general para todos los operadores de cualquier sistema de armas. Actualmente, vivimos la época digital y de la simulación, y en este aspecto todos los avances permiten desarrollar muy rápido las capacidades en los operadores. Tener conocimiento en este campo otorga ya una ventaja respecto a quienes no está familiarizados con ella. Por ello, la posibilidad de implementar un sistema de estas características es también relevante para los jefes de unidad, los cuales podrán corregir el rumbo con el que se está enfocando la instrucción y adiestramiento en las unidades para afrontar el futuro de una forma distinta a como se ha planteado hasta ahora.

Bibliografía

- [1] A. P. Castro y R. V. Gutiérrez, «El simulador MISTRAL de sala como medio eficaz y alternativo para la instrucción y adiestramiento,» *Armas y Cuerpos*, vol. 1, nº 133, p. 108, 12 2016.
- [2] Empleo de la Artillería Antiaérea. Tomo I, Ejército de Tierra.
- [3] E. M. Herrero, «Nuevo simulador MISTRAL con diseño y tecnología española.,» *El Memorial de Artillería.*, vol. 1, nº 163, p. 92, 12 2007.
- [4] J. P. B. Rivera y J. A. G. Marachón, «El simulador de blancos aéreos, digital sistema Roland (SDR),» *El Memorial de Artillería.*, vol. 1, nº 168, p. 108, 6 2012.
- [5] S. M. Romero, «Avance tecnológico para la formación de operadores HAWK,» p. 9, 5 4 2020.
- [6] J. M. G. Navarro, «Defensa.com,» 31 6 2020. [En línea]. Available: <https://www.defensa.com/espana/indra-suministrara-simuladores-para-pizarro-ejercito-tierra>. [Último acceso: 4 10 2020].
- [7] «Adaptative Systems, simulador para cañón 35/90,» [En línea]. Available: <https://adaptive.es/sistemas-de-simulacion/simuladores-de-sala/canon-antiaereo-de-barrera-sala/>. [Último acceso: 4 10 2020].
- [8] «ENTRUST SOLUTIONS,» 3 26 2020. [En línea]. Available: <https://www.entrustsolutions.com/2020/03/26/military-training-simulation-software-ai/>. [Último acceso: 26 9 2020].
- [9] J. A. Marone y M. A. Tosini, «Integración de un periscopio militar a un simulador de realidad virtual para entrenamiento táctico,» 2015. [En línea]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50486>. [Último acceso: 4 10 2020].
- [10] «Adaptative Systems. Sistemas de simulación.,» [En línea]. Available: <https://adaptive.es/sistemas-de-simulacion/simuladores-de-sala/misil-antiaereo-medio-alcance-sala/>. [Último acceso: 1 10 2020].
- [11] «Indra Systems,» [En línea]. Available: <https://www.indracompany.com>. [Último acceso: 2 10 2020].
- [12] «VirTra,» [En línea]. Available: <https://www.virtra.com/simulator/military-v-300/>. [Último acceso: 10 9 2020].
- [13] Libro del Oficial Táctico SAM-HAWK, Ejército de Tierra.
- [14] A. M. C. González y C. I. Z. León, «Simulador de vuelo utilizando plataformas paralelas de seis grados de libertad,» , 2015. [En línea]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12952>. [Último acceso: 22 10 2020].
- [15] Empleo de la Artillería Antiaérea. Tomo II, Ejército de Tierra.
- [16] «FAAC MILITARY,» [En línea]. Available: <https://www.faac.com/military/>. [Último acceso: 1 10 2020].

ANEXO I

UNIDADES Y ORGANIZACIÓN

A continuación se detallan diferentes organigramas que permiten el entendimiento de forma esquemática, de algunas organizaciones dentro del Ejército de Tierra, han sido empleadas en el desarrollo del trabajo, por lo que su conocimiento refuerza la comprensión general del trabajo.

1.- MAAA

El Mando de Artillería Antiaérea es el máximo organismo con entidad de defensa aérea dentro del Ejército de Tierra. Se organiza básicamente en 3 Regimientos que operan distintos sistemas de armas, con distintas capacidades. Cuenta además con el apoyo de una unidad de transmisiones de entidad Batallón conocida como Unidad de Transmisiones del Mando de Artillería Antiaérea. En la imagen puede observarse qué tipo de material emplea cada uno de los regimientos del MAAA.

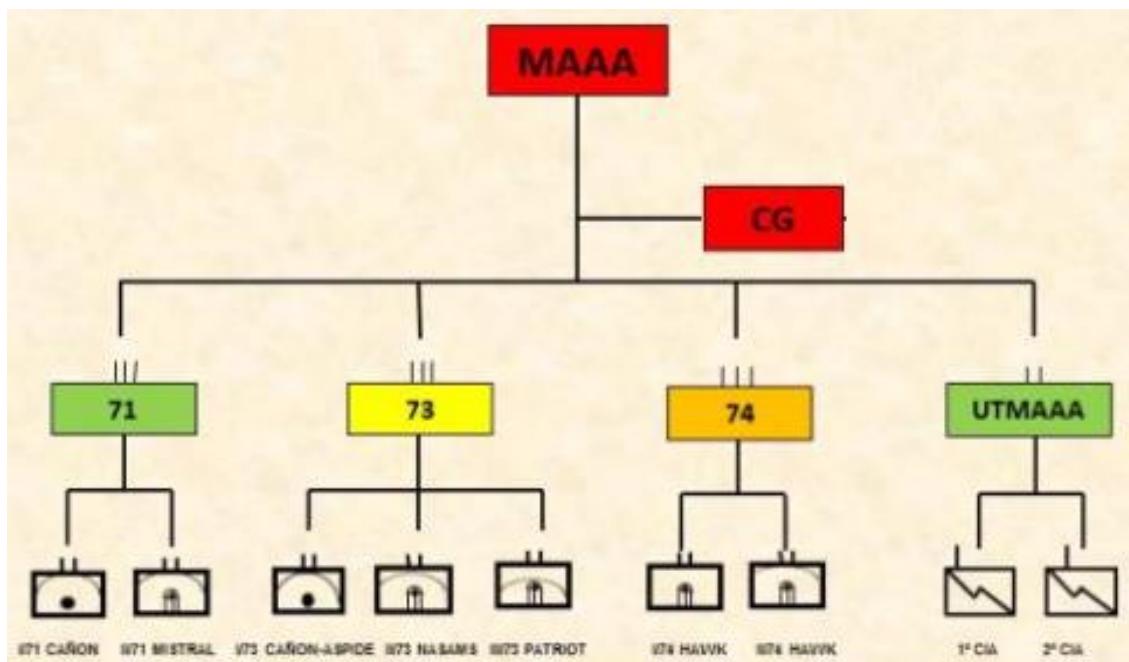


Ilustración 13. Organigrama del MAAA. Fuente: Archivos del RAAA 74. MINISDEF

2.- RAAA 74

Es uno de los 3 Regimientos que conforman el MAAA. Es la unidad en la que ha realizado las prácticas externas y el trabajo fin de grado el autor del presente trabajo. Cuenta como sistema de armas en dotación del SAM-HAWK objeto de estudio y análisis para la ejecución del análisis funcional del simulador destinado a su uso en esta unidad. Se divide en 2 Grupos de Artillería Antiaérea a distinguir GAAA I/74 (San Roque) y GAAA II/74 (Sevilla).

ORGANIGRAMA DEL RAAA 74

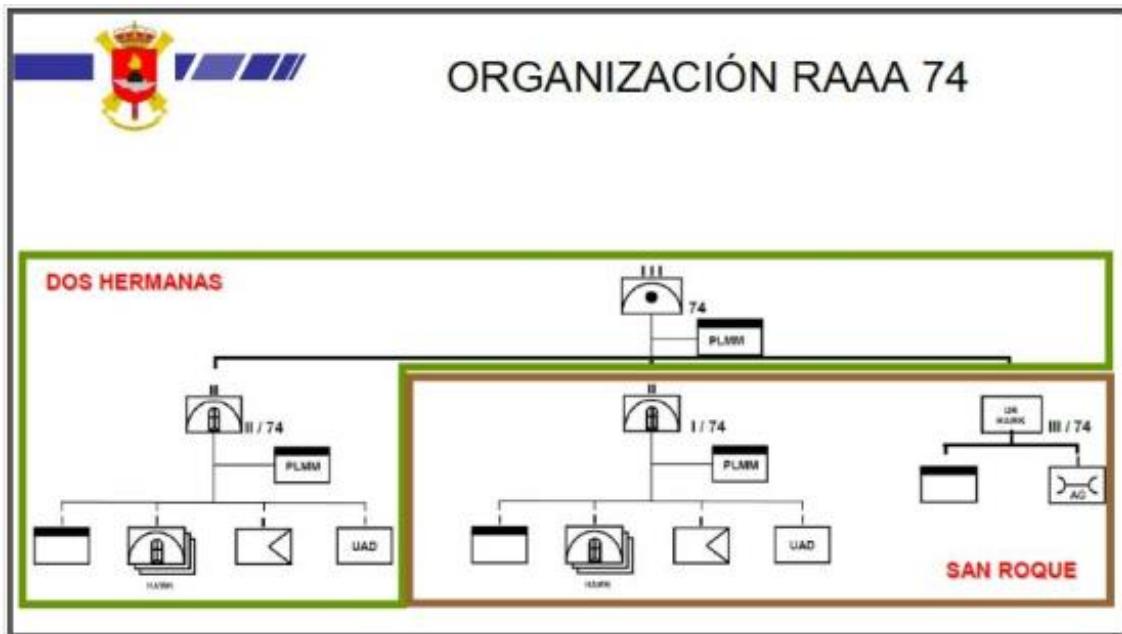


Ilustración 14. Organigrama del RAAA 74. Fuente: Archivos del RAAA 74. MINISDEF

ESCUDO DEL RAAA 74



Ilustración 15. Escudo del RAAA 74. Fuente: Archivos del RAAA 74. MINISDEF

HISTORIA DEL RAAA 74

El Regimiento de Artillería Antiaérea nº 74 se crea el 24 de Julio de 1939 al finalizar la Guerra Civil española formado por dos Baterías de Proyectores y Fonolocalizadores Siemens y otras dos Baterías de cañones Skoda de 76,2 mm, alojándose en el cuartel "Fernando Primo de Rivera" de Jerez de la Frontera (Cádiz), también conocido como El Tempul. En la tabla 12 se indican los acontecimientos más relevantes en la historia del RAAA 74.

Tabla 12. Acontecimientos importantes del RAAA 74. Fuente: Archivos del RAAA 74. MINISDEF

1940	Se destacan al Campo de Gibraltar las dos Baterías de cañones, agregándose durante el mes de abril un Grupo de cañones 88/56, quedando este material como orgánico del Regimiento al año siguiente.
1956	Se reciben las primeras piezas de 40/70 Bofors procedentes de Plasencia de las Armas, Andoain (Guipúzcoa) y cinco años más tarde y procedente de la ayuda americana se organiza el Grupo de cañones 90/50.
1965	La 1 ^a Batería de 90/50 y la 2 ^a de 40/70 se hacen cargo, con las formalidades reglamentarias, del Acuartelamiento "Nuestra Señora de la Cabeza" en Jerez de la Frontera (Cádiz). A finales de ese mismo año queda organizado el Grupo de Lanzacohetes de Artillería Antiaérea compuesto por Plana Mayor de Grupo y cuatro Baterías de misiles HAWK, que ocupan provisionalmente las instalaciones del Acuartelamiento "Nuestra Señora de la Cabeza". El resto del Regimiento continúa en el Acuartelamiento "Primo de Rivera" de la misma localidad.
1966	El Regimiento queda organizado en Plana Mayor de Mando, Grupo HAWK I/74, y Grupo II/74 de cañones 40/70.
1968	Se aprueba el traslado de la totalidad del Regimiento al Acuartelamiento de Nuestra Señora de la Cabeza. Posteriormente, ese mismo año, el Grupo HAWK ocupa el Acuartelamiento "Cortijo Buenavista" en San Roque (Cádiz).
1972	La batería de misiles NIKE-HERCULES quedaba orgánicamente encuadrada en el Grupo I/74, como 9 ^a Batería NIKE.
1980	Se entregan en el Parque de Artillería de Sevilla las piezas de 40/70 y se recogen 12 piezas de 35/90 bitubo Oerlikon, pasando de dotación al GAAAL II/74.
1983	Se procede a la entrega del nuevo Estandarte del Regimiento ofrecido por el Excmo. Ayuntamiento de Jerez de la Frontera (Cádiz). A partir de 1988, el Regimiento pasa a depender del Mando de Artillería Antiaérea, de nueva creación.
1992	Tras 20 años de servicio en el Regimiento, se disuelve la 9 ^a Batería de misiles NIKE-HERCULES del Grupo I/74.
1996	La Plana Mayor del Regimiento y el Grupo II se trasladan al Acuartelamiento "El Copero", Dos Hermanas (Sevilla).
2001	Se reorganiza el Regimiento y se dota al Grupo II de misiles HAWK.
2005	El Regimiento adquiere la capacidad anti-misil al entrar en servicio el material PATRIOT que pasa a depender del Grupo I, bajo la denominación de 9 ^a Batería PATRIOT.
2008	El Regimiento hace su primera contribución con Unidades a una Operación de Mantenimiento de la Paz, con una Compañía de Fusiles, a la Operación SK/XXII, en el Valle de Osojane (Kosovo).
2014	1.- Se celebraron dos actos conmemorativos del 75 aniversario de la creación del RAAA 74, el 15 de junio en Jerez de la Frontera (donde se creó en 1939) y el 27 de septiembre en Dos Hermanas (donde se ubica desde 1996 la Jefatura del Regimiento). Durante el transcurso de éste último, el Alcalde de la Ciudad D. Francisco Toscano, impuso una corbata conmemorativa al guion del Regimiento. Actualmente la corbata ondea con orgullo en nuestro Estandarte, y forma parte del Escudo de la Unidad. 2.- El Regimiento alista y genera la primera Unidad de Artillería Antiaérea española que contribuye a una Operación de Mantenimiento de la Paz, desplegando una Batería PATRIOT en la Operación A/T I y II, en Adana (Turquía), desde enero de 2015 hasta enero de 2016.
2015	1.- Se celebró en el Acuartelamiento "Cortijo Buenavista" de San Roque el 50 aniversario de la creación del primer Grupo de Artillería Antiaérea HAWK en el Ejército Español. 2.- Tras 10 años de servicio en el RAAA 74, como consecuencia de las adaptaciones orgánicas del ET del mismo año, la 9 ^a Batería PATRIOT pasa a depender del RAAA 81. El Regimiento queda constituido con su orgánica actual: Plana Mayor de Mando Regimental y Grupo II HAWK en Dos Hermanas, y Grupo I HAWK y Unidad de Reparaciones III en San Roque.

3.- ORGANIGRAMA DE UN GAAA TIPO. [2]

Un Grupo de Artillería Antiaérea es la unidad subordinada al RAAA. Por lo general presentan una organización como la que se muestra a continuación. Poseen entre 2 y 4 Baterías de armas/misiles, así como una Batería de Plana Mayor y una Batería de Servicios. El personal del que dispone un GAAA oscila entre las 200 y 300 personas. Su organización puede variar en función del sistema de armas que tenga en dotación.

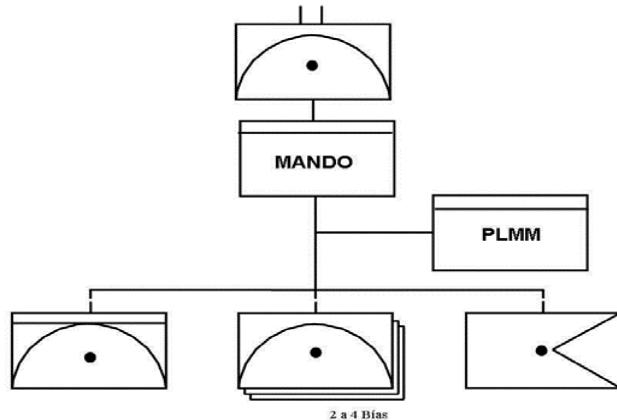


Ilustración 16. Organigrama de un Grupo de Artillería Antiaérea tipo. Fuente: PD4-300 Empleo de la Artillería Antiaérea. Tomo I.

4.- BIA HAWK [13]

LA Batería es la unidad subordinada a Grupo de Artillería Antiaérea. El objetivo del trabajo es el estudio del sistema de armas HAWK, material empleado por las baterías del RAAA 74. La configuración de unas baterías y otras depende y se adapta al material que opera, siendo mayores o menores en función de las necesidades que demanda el material. Por no ser la suya una configuración orgánica general, se muestra a continuación un esquema de los elementos que configuran una Bía. HAWK.



Ilustración 17. Composición de una Bía. HAWK. Fuente: Libro del Oficial Táctico SAM-HAWK.

5.- DESCRIPCIÓN DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DE UNA BIA HAWK [13].

En AAA se conoce como unidad mínima de generación a aquella que posee control positivo de sus sistemas en el desarrollo de una operación. Aplicado al sistema SAM HAWK, la unidad mínima de generación es la batería³³. A continuación, se detallan los diferentes elementos que la conforman:

- BCP³⁴ (*Battery Command Post*): Puesto de mando y control de la batalla aérea a tiempo real. Se compone físicamente de un *shelter* remolcable donde desarrollan sus tareas el oficial táctico. Su función principal es la exploración y evaluación de las amenazas, gestionando las mismas mediante diferentes sistemas visuales o de audio. El presente trabajo, se ha enfocado directamente en este elemento, ya que necesita un elevado grado de instrucción para su empleo, por la elevada responsabilidad que asume el personal que lo opera (el lanzamiento de un misil contra un objetivo, y las consecuencias derivadas de ello).
- PAR (*Pulse Acquisition Radar*): Radar de exploración de onda pulsada. Su objetivo principal es la detección de amenazas dentro de su zona de acción. Debe estar correctamente conectado con la BCP para un uso adecuado. Su modo de funcionamiento es baja intensidad y alta frecuencia. Permite levantar trazas a mayor distancia, con el inconveniente de proporcionar poca información sobre ellas. Pensado para la exploración a baja o muy baja cota.
- CWAR⁷ (*Continuous Wave Acquisition Radar*): Radar de exploración de onda continua. Su principal objetivo es la detección de amenazas dentro de su radio de acción. Una vez conectado con la BCP, permite el levantamiento de objetivos más cercanos aportando mayor información sobre ellos, como pueden ser velocidad, dirección, cota, etc. Está pensado para la exploración a media cota.
- HIPIR (*High Power Illuminating Radar*): Radar de alta potencia empleado en la iluminación de objetivos para su abatimiento. La señal producida por el radar es captada por el misil en vuelo, el cual corrige su trayectoria hasta alcanzar el blanco. A este modo de dirigir un misil se le conoce por teleguiado, directo, semiactivo.
- Lanzador: Se encarga de portar los misiles en el asentamiento. Recibe órdenes de la BCP y se encarga de activar el mecanismo de encendido del misil en el momento del fuego.
- Cargador: Se encarga de portar los misiles adicionales para la recarga. Cuando el lanzador se encuentra sin munición, es el cargador el que le suministra más.

³³ Batería de AAA: Se adjunta un esquema de la organización de una Batería HAWK tipo el ANEXO I:

³⁴ BCP/PAR/CWAR/HIPIR/Lanzador/Cargador: Se adjunta imagen del sistema en el ANEXO III.

ANEXO II

EXPLICACIONES EN DETALLE PARA LA COMPRENSIÓN DEL TRABAJO

1.- ORGANIZACIÓN DE UNA UDAAS Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARMAS DE AAA EN SERVICIO DEL ET [2].

Para comprender el uso de los sistemas de Artillería Antiaérea hay que estudiar la Unidad de Defensa Antiaérea y cómo se organiza. Atendiendo a las necesidades que deriven del tipo de amenaza aérea, el ambiente y la situación en la que nos encontremos se configura de una forma u otra. Para ello se utilizan diferentes sistemas de armas, con diferentes alcances misil y radar que se complementan y apoyan unos a otros. A continuación puede verse una ilustración donde aparecen los sistemas de armas en dotación del Ejército de Tierra, junto con sus alcances misil.

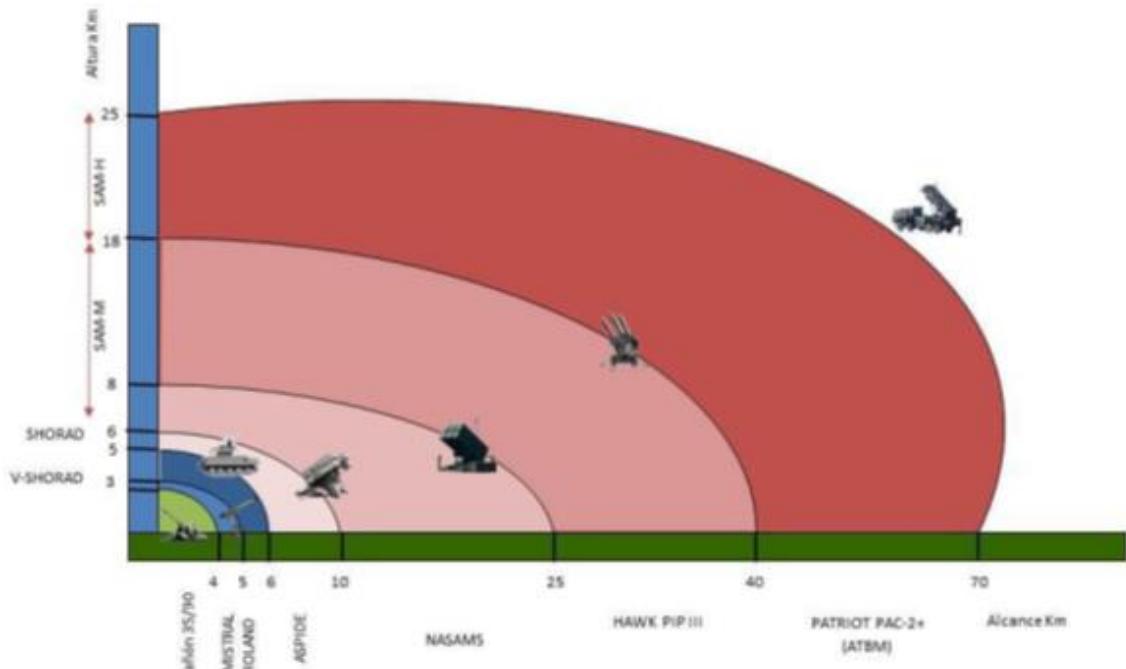


Ilustración 18. Clasificación de los distintos sistemas de armas en servicio del ET.³⁵

2.- EJEMPLO DE CONFORMACIÓN DE UNA UDAAS. PLUS ULTRA.

La UDAAS PLUS ULTRA fue una Unidad de Defensa de Artillería Antiaérea conformada durante el tiempo de prácticas externas realizadas por el autor del trabajo. Ésta se organizaba en base al GAAA II/71, unidad generadora de este ejercicio que aportaba el núcleo logístico y núcleo de mando y control. El núcleo lo formaban una batería de cañones 35/90 – ASPIDE formada por elementos del RAAA 73 y el RAMIX 30, una batería NASSAMS formada por elementos del GAAA II/73, una batería HAWK formada por elementos del GAAA I/74, una batería MISTRAL formada por elementos de GAAA II/71 y un pelotón de Infantería de Marina.

³⁵ Fuente: PD4-300 Empleo de la Artillería Antiaérea tomo I.

3.- PROCEDIMIENTO DE INTEGRACIÓN DE LAS UDS DE DA CON EL SDA [2]

La Defensa Aérea es más compleja de lo que puede parecer a simple vista. La defensa aérea es ejecutada por diferentes organismos con distintas competencias. Por ello, el fragmento de DA que corresponde al Ejército de Tierra está subordinado al Sistema de Defensa Aérea. Este organismo depende del Ejército del Aire. Para poder realizar de forma correcta esta DA se utiliza un procedimiento denominado integración, por el cual, las unidades del ET mantienen un enlace de datos a tiempo real con las unidades del SDA para que éste cuente en todo momento con la información que le suministran las unidades del MAAA y así poder gestionar correctamente esta Defensa Aérea.

A continuación se muestra un esquema de la integración de las unidades del MAAA y la defensa aérea temprana de cualquier Brigada, con el SDA.



Ilustración 19. Integración con el SDA. PD4-300 Empleo de la Artillería Antiaérea tomo I

4.- PROCESO DE ESTANDARIZADA [13]

Algunos procesos utilizados en el análisis funcional del software de simulación se explican a continuación por la complejidad de su entendimiento. Entre ellos destaca el proceso de "Estandarizada" así como las fases de las que consta este proceso. Estos procesos no se describen en profundidad por el carácter confidencial de su conocimiento.

1. El establecimiento de las comunicaciones de emergencia. Este simulador permitirá trabajar con ellas y coordinar su uso al comienzo de las estandarizadas. Todo ello antes del energizado de los aparatos.
2. Realización y control del energizado de todos los aparatos. Para ello se emplearán las correspondientes tablas de energizado. Tarea realizada por el TO.
3. Realización y control de la prueba 300.
4. Realización de las pruebas de nivel 2. Para asegurar el control y el estado operativo de todos los equipos: HIPIR, CWAR, PAR, TDECC, SRO, ADP, SDP.
5. Realización de la comprobación de datos con el escalón superior a través del ATDL
6. Orientación y alineado de los elementos de la Batería. Este procedimiento suele causar confusión en el personal con poca instrucción debido a su dificultad y a las consecuencias derivadas de ello. Cualquier fallo cometido se traslada al resultado de la operación con dicho material. La sala BCP contará con un visor de lectura y un goniómetro que será el origen de coordenadas para levantar la batería.
7. Seguidamente a la orientación y alineación, se realizarán las comprobaciones de los lanzadores con el radar HIPIR al que van enlazados.
8. Las pruebas de radiación de los radares.

9. Secuencias de fuego en silencio. Se precisa una alta instrucción, coordinación y eficacia para lograr hacer las nueve secuencias correspondientes por cada lanzador. Necesarias para completar las pruebas de evaluación antes de un tiro real.
10. Pruebas de seguridad en el uso de todos los materiales.

5.- SISTEMAS DE ARMAS EN SERVICIO DEL ET [2]

Las distintas unidades de AAA que posee el ET, tienen en dotación diferentes sistemas de armas con capacidades complementarias. A continuación puede ver cada uno de los sistemas de armas que emplea, su nombre y una imagen de los mismos en dotación del MAAA.



Ilustración 20. Distintos sistemas de armas en servicio en el ET. Archivos del RAAA 74.

6.- ELEMENTOS DE LA BATERÍA HAWK [13]

Los elementos que componen una Batería HAWK son distintos a aquellos que lo hacen de otro tipo de baterías. A continuación se exponen gráficamente cada uno ellos.

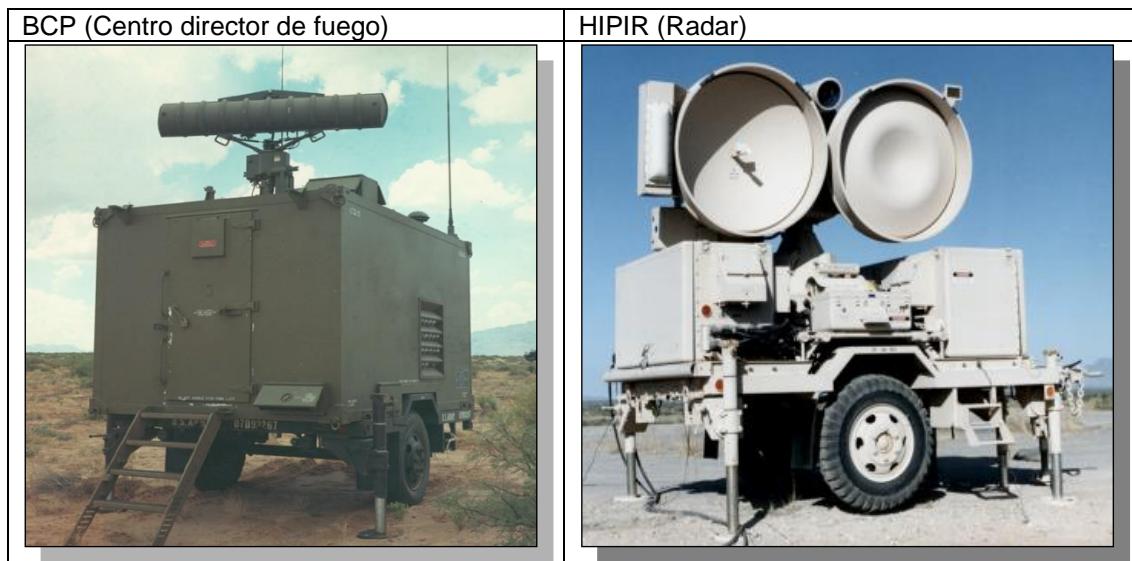


Ilustración 21. Imágenes reales de BCP y radar HIPIR.

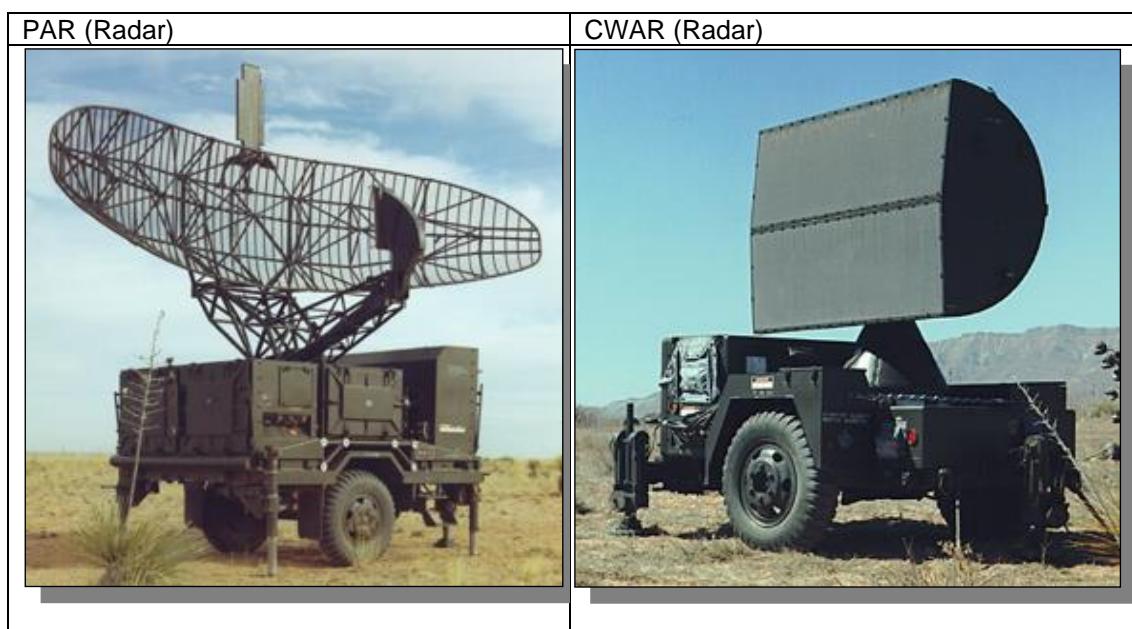


Ilustración 22. Imágenes reales de radares PAR y CWAR.



Ilustración 23. Imágenes reales de lanzador de misiles HAWK con misiles de guerra y cargador de misiles HAWK con misiles de instrucción.

ANEXO III

1.- ENCUESTA SOBRE CAPACIDADES DEL SISTEMA.

Durante la realización del trabajo se ha llevado a cabo la elaboración de una encuesta al personal del GAAA I/74, de ella se obtuvieron datos para la elaboración de los requisitos del sistema de simulación. Esta encuesta se expone a continuación con todas sus preguntas y opciones de respuesta.

Encuesta sobre el sistema de simulación:

1. ¿Cuál cree que son las carencias más importantes del sistema a nivel operario?
 - a. Sistema anticuado.
 - b. No posee capacidades para el combate actual.
 - c. No posee carencias.
2. ¿Cómo le daría solución?
 - a. Actualizando el sistema.
 - b. Sustituyéndolo por otro más moderno.
 - c. No haciendo nada.
3. ¿Cree que un sistema de simulación daría solución a estos problemas? Sin gasto de tiempo en el encendido y puesta a punto de los equipos.
 - a. Si.
 - b. No.
 - c. NS/NC
4. En caso afirmativo ¿Cómo plantearía la solución adaptada a un software de simulación?
 - a. Diseñando un aula simulador como las de otros sistemas de armas.
 - b. Actualizando los modos de simulación actuales.
 - c. Desarrollando un simulador completo y moderno del sistema.
5. ¿Se ha visto en la tesisura de llegar a una unidad HAWK sin experiencia previa?
 - a. Si.
 - b. No.
 - c. NS/NC.
6. En caso afirmativo ¿Contaba con la tripulación al completo para realizar instrucción y ponerse al día de conocimientos?
 - a. Si.
 - b. No.
 - c. Con parte de ella.
7. ¿Qué opinión tendría si hubiese podido hacer instrucción de forma individual y asesorada de forma autónoma?
 - a. Buena
 - b. Mala
 - c. Lo desconozco.
8. ¿Qué le parece la idea de poder hacer instrucción de 2 a 4 horas de forma intensa, y poder dedicar más tiempo de su jornada laboral a otras tareas como formación física? Perdiendo menos tiempo en las labores de preparación de los equipos para su funcionamiento.
 - a. Buena.
 - b. Mala.
 - c. Lo desconozco.
9. ¿Qué valoración le daría a un simulador para la unidad?
 - a. Buena.
 - b. Regular.
 - c. Mala.
10. ¿Cuáles considera que deben ser las 4 tareas básicas que se puedan realizar con el simulador? Responda con sus palabras justificando la decisión.
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
11. Comentario personal

2.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA SOBRE CAPACIDADES DEL SISTEMA.

El análisis de los resultados de la encuesta realizada durante la semana del 14 al 18 de septiembre de 2020 es el siguiente:

Pregunta 1: ¿Cuál cree que son las carencias más importantes del sistema a nivel operario?

Un 70% de los encuestados escogieron la opción “El sistema está anticuado”, se tomó como respuesta representativa por su elevado peso. De esta forma, se refuerza aún más la idea de desarrollar un sistema de simulación que actualice de forma indirecta el trabajo que se realiza con el sistema de armas HAWK. Otorgando modernidad al sistema de armas y solventando esta preocupación de los operarios que consideran anticuado el sistema.

Pregunta 2: ¿Cómo le daría solución?

Un 63% de los encuestados defendieron la idea de “actualizar el sistema” siguió impulsando la idea de desarrollar un software de simulación que dota al sistema de armas de capacidades que anteriormente no poseía. Un 25% de los encuestados preferían sustituir el sistema de armas por uno más moderno. Aunque la respuesta tuvo fuerza, no se tomó como solución, pero sirvió para reforzar la idea de la necesidad de algo “nuevo”; no un sistema de armas al completo, pero si la necesidad de implantar un nuevo elemento en la unidad.

Pregunta 3: ¿Cree que un sistema de simulación daría solución a estos problemas? Sin gasto de tiempo en el encendido y puesta a punto de los equipos.

La respuesta a la pregunta fue contundente con más de un 90% de las respuestas a favor del simulador.

Pregunta 4: En caso afirmativo ¿Cómo plantearía la solución adaptada a un software de simulación?

Las respuestas obtenidas en este apartado se dividieron con un 47% de las respuestas a favor de un aula simulador, y un 43% a favor del desarrollo de un software de simulación completo y moderno. Lo cual hizo pensar que la mejor solución para dar respuesta a ambos requerimientos sería la creación desde cero de un aula de simulación en la que apareciesen representados todos los puestos tácticos de una batería HAWK, implementada por el desarrollo de un nuevo sistema de simulación alejado del sistema de simulación de la BCP.

Pregunta 5.- ¿Se ha visto en la tesitura de llegar a una unidad HAWK sin experiencia previa?

Más de un 90% de los encuestados dieron por afirmativa la respuesta abriendo el debate de que los requerimientos del sistema deberían ofrecer no solo un tipo de simulación completa para evaluar el funcionamiento en equipo de la batería, sino también de forma individualizada para poner al día los conocimientos del personal de reciente incorporación a la unidad.

Pregunta 6.- ¿Contaba con la tripulación al completo para realizar instrucción y ponerse al día de conocimientos?

Como cabía esperar la respuesta fue mayoritariamente NO. Los problemas de personal de las unidades, así como los despliegues internacionales hacen imposible que las plantillas se encuentren presentes al 100%, por lo que implementar que este simulador permitiría la simulación de puestos tácticos no ocupados a la vez que otros operarios realizan. De esta manera se podría dar solución a este problema, que como se aprecia en la encuesta es más que relevante. Por lo que una premisa de peso en el diseño del software será la posibilidad de implementar un sistema de simulación individual, colectivo y con parte del resto de puestos tácticos simulados.

Pregunta 7: ¿Qué opinión tendría si hubiese podido hacer instrucción de forma individual y asesorada de forma autónoma?

La respuesta de esta pregunta fue rotunda: todos los encuestados preferirían haber sido asesorados y ayudados en su proceso de aprendizaje, antes que haberlo hecho de forma autónoma o con ayuda de otro operario. Tras hablar con los encuestados, la justificación a esta respuesta fue el problema de la disposición de ayuda en esos momentos. No siempre había alguien dispuesto a ayudar o con tiempo suficiente para hacerlo por tenerlo ocupado en otras tareas del cuartel.

Pregunta 8: ¿Qué le parece la idea de poder hacer instrucción de 2 a 4 horas de forma intensa, y poder dedicar más tiempo de su jornada laboral a otras tareas como formación física?

Un 64% de los encuestados vio favorable la ventaja que añadiría poder hacer instrucción con un simulador. Tras analizar los resultados de la encuesta, esta pregunta creaba dudas en su entendimiento y se decidió repetir la búsqueda de opiniones de forma directa encuestando al personal. La pregunta se realizó a 6 operarios, y se formuló de la siguiente manera:

¿Prefiere una rutina diaria como la actual? O por el contrario una mucho más óptima en la que los horarios sean estables, con un horario fijo e intenso de instrucción. Sin perder el tiempo en labores relacionadas con el encendido y calentamiento de los equipos y todo lo que ello supone.

La respuestas a los encuestados fueron unánimes y todos aceptaron como preferida esta opción. Por lo que a efectos de desarrollo de software se tomó como válida la respuesta a esta segunda pregunta que refuerza la necesidad de su desarrollo.

Pregunta 9: *¿Qué valoración le daría a un simulador para la unidad?*

Un 81% de los encuestados afirmó que la valoración para un simulador sería buena, tan solo un 14% de los encuestados opinaron como mala esta medida, dato que no se consideró relevante para continuar con el planteamiento del simulador porque la mayoría de los encuestados que negaban la utilidad lo hacían por desconocimiento a un nuevo modelo de instrucción basado en un software informático. Esta opinión se tuvo en cuenta en los elementos del análisis DAFO contrarios al desarrollo del simulado para desarrollar el simulador.

Pregunta 10: *¿Cuáles considera que deben ser las 4 tareas básicas que se puedan realizar con el simulador? Responda con sus palabras justificando la decisión.*

Las respuestas a esta pregunta fueron recogidas en la tabla 1 expuesta en la memoria, en ella se aprecia la coincidencia de opiniones en las funciones más importantes del sistema.

ANEXO IV

1.- PRODUCTOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL AULA SIMULADOR

A continuación, se expone una relación de material consultada como válida para la ejecución del aula simulador, en ella aparece una descripción de componentes y el precio unitario de ellos.

Material informático³⁶ versión funcional:

- PC: Ordenador sobremesa de alta capacidad *gaming*, modelo: MSI MPG Trident 3 10SI-017EU Intel Core i7-10400/8GB/1TB+512GB SSD/GTX 1660 SUPER, incluye sistema operativo Windows 10 compatible con los equipos informáticos utilizados por el ET. Precio de 999,99€/ud.
- Pantalla táctil: Asus VT229H 21.5" LED IPS FullHD Táctil, compatible con el equipo PC. Precio de 239€/ud.
- Proyector: Prixton Lumière Proyector ANSI FullHD 5000 Lúmenes, compatible con el equipo PC. Precio de 89,95€/ud.
- Pantalla del proyector: Duronic BPS100 /43 Pantalla de Proyección Manual 4:3 203x152 100", compatible con el equipo PC. Precio de 52,99€/ud.
- Joystick: Thrustmaster T-Flight Stick X PC/PS3, , compatible con el equipo PC. Precio de 38€/ud.

Material de oficina³⁷ versión funcional:

- Mesa: Modelo BEKANT, escritorio + pantalla frontal + pantallas laterales, medidas 160x80 48 cm. Precio 336€/ud.
- Silla de escritorio: MILLBERGET giratoria. Precio 69€/ud.

2.- CATÁLOGO DE PRODUCTOS EN DETALLE

En el siguiente anexo se expone la relación de artículos necesarios para la elaboración del aula simulador y en los cuales se ha basado el presupuesto del desarrollo del software descrito en el bloque 6.

Mesa modelo BEKANT

- Tablero: Bordes de plástico para evitar cortes, material general poliéster.
- Patas: Materiales de acero y poliéster.
- Pantalla para escritorio: Materiales de poliéster.



Ilustración 24. Mesa modelo BEKANT.³⁸

³⁶ ³⁶ Fuente de búsqueda de precios y modelos: <https://www.pccomponentes.com>, consultado entre el 7 y 8/10/2020. El ANEXO V detalla de forma exhaustiva los modelos, precios, características y muestra imágenes de los mismos.

³⁷ Fuente de búsqueda de modelos y precios: <https://www.ikea.com>, consultado el 12/10/2020. En el ANEXO V se hace un desglose de las características técnicas y materiales de los elementos que se proponen para la adquisición, así como precios, características e imágenes de los mismos.

³⁸ Fuente: <https://www.ikea.com/es/es/p/bekant-escrit-pantalla-blanco-gris-s69387382>. Consultado el 12/10/2020.

Silla modelo MILLBERGET

- Pata base de estrella: Materiales de acero y revestimiento de poliéster.
- Rueda: Materiales plásticos de polipropileno.
- Tejido con revestimiento: Materiales poliéster.



Ilustración 25. Silla modelo KIMSTAD.³⁹

PC:

- **Procesador** Intel® Core™ i5-10400 (6 núcleos, frecuencia desde 2,9 GHz hasta 4,3 GHz, 12 MB caché)
- **Memoria RAM** 8 GB DDR4 SO-DIMM (1 x 8 GB); Ampliable hasta 64 GB (2x SO-DIMM)
- **Disco duro** 512 GB SSD M.2 PCIe NVMe
- **Controlador gráfico** NVIDIA® GeForce® 1660 SUPER AERO ITX OC 6GB GDDR5
- **Sistema operativo** Windows 10 Home 64 bits
- **Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)** 353,73 x 97,56 x 251,35 mm
 - **Peso** 3,17 kg



Ilustración 26. PC modelo MSI MPG Trident 3.⁴⁰

³⁹ Fuente: <https://www.ikea.com/es/es/p/millberget-silla-giratoria-kimstad-blanco-20339415>. Consultado el 12/10/2020.

⁴⁰ Fuente: <https://www.pccomponentes.com>, consultado el 07/10/2020.

Pantalla táctil:⁴¹

- Tecnología IPS Full HD de 21.5 "con ángulos de visión increíblemente amplios de 178 °
- La capacidad multitáctil de 10 puntos con pantalla de dureza 7H brinda una experiencia táctil suave y duradera.
- Cumplimiento de Windows 10

Peso y dimensiones:

- Ancho: 491,5 mm
- Profundidad: 51,9 mm
- Altura: 300,1 mm
- Peso: 3,18 kg



Ilustración 27. Pantalla táctil VT-229H

Pantalla de proyector:

- Dimensiones de proyección: 100" (203 x 152 cm)
- Dimensión total extendida: 217 x 161 cm
- Formato de imagen: 4:3
- Marco de color negro
- Sistema de fijación en pared con 2 ganchos



Ilustración 28. Pantalla de proyector DURONIC.⁴²

⁴¹ Fuente: <https://www.pccomponentes.com>, consultado el 07/10/2020.

⁴² Fuente: <https://www.pccomponentes.com>, consultado el 08/10/2020.

Proyector:

- Resolución real de 1280 x 720 . Reproducción de vídeo, audio, foto y texto
- Lámpara con salida de hasta 5.000 lúmenes
- Entradas: VGA, 2xHDMI, USB2.0, MicroSD, Aux in y AV IN
- 2 altavoces estéreo y mando a distancia incluido



Ilustración 29. Proyector modelo PRIXTON.⁴³

Joystick:

- **Dispositivo de entrada**
 - Tipo de dispositivo: Palanca de mando.
 - Plataformas de juego soportadas: Playstation 3.
 - Botones de función control para gaming: Botón borrar memoria.
 - Cantidad de botones: 12.
 - Conectividad: Alámbrico.



Ilustración 30. Joystick modelo Thrustmaster T-Flight.

⁴³ Ilustración 26 y 27. Fuente: <https://www.pcccomponentes.com>, consultado el 08/10/2020.

ANEXO V

1.- DISTRIBUCIÓN FISICA DEL AULA SIMULADOR

La distribución elegida se ha realizado por elementos que conforman la Bía. HAWK, así mismo se ha completado con la información obtenida de la entrevista con el Teniente Sergio Moreno Romero, y la recabada de la distribución de otras aulas simulador en la Academia de Artillería, y es la siguiente:

1. BCP: La forma de simularlo será contar con 1 puesto táctil por cada uno de los cuatro operarios con una simulación en pantalla exacta del equipo que opera. En las pantallas del RO y el SRO se verá también la imagen captada por las cámaras VTG, así como la pantalla PPI en la del TO. Para ello, la división de la pantalla táctil, contará con una zona específica para ello, contará también con una división para el asistente a tiempo real, que permitirá la visualización de correcciones en formato escrito o video . A parte, la sala contará con un sistema de radio HF. También contará con una pantalla en la que podrán observarse los aledaños de la BCP, con la posibilidad de girar la cámara como si se saliese de la BCP y se observase la zona de alrededor.
2. HIPIR "A": La forma de conseguir la simulación serán dos equipos táctiles que simulen la botonería de los paneles de radar HIPIR. El simulador contará además con una pantalla y un proyector que permita la visualización captada por las cámaras VTG de los radares HIPIR, así como una proyección de la zona próxima al radar. Será el principal, y por lo general el empleado con prioridad en las acciones.
3. HIPIR "B": Se simulará de igual forma y con los mismos equipos que el HIPIR A.
4. Polivalente: Se simularán los equipos con dos pantallas táctiles, de esta forma la botonería de los radares PAR y CWAR es más accesible. Habrá más puestos simulados que los que hacen falta en una batería, de esta forma podrá instruirse más personal al mismo tiempo o tener equipos de sobra en caso de avería.
5. Lanzadores: Se simularán los equipos con 1 pantalla táctil por lanzador, representará la LCU. La sala contará con más puestos de los que son necesarios para una batería con el fin de poder instruir más personal al mismo tiempo. Con el objetivo de minimizar costes, el alineado del lanzador se instruirá de forma física, ya que no requiere del encendido del sistema, y es un procedimiento mecánico.

2.- IMÁGENES DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL AULA SIMULADOR

A continuación se muestra un diseño 3D de una posible distribución física del aula.

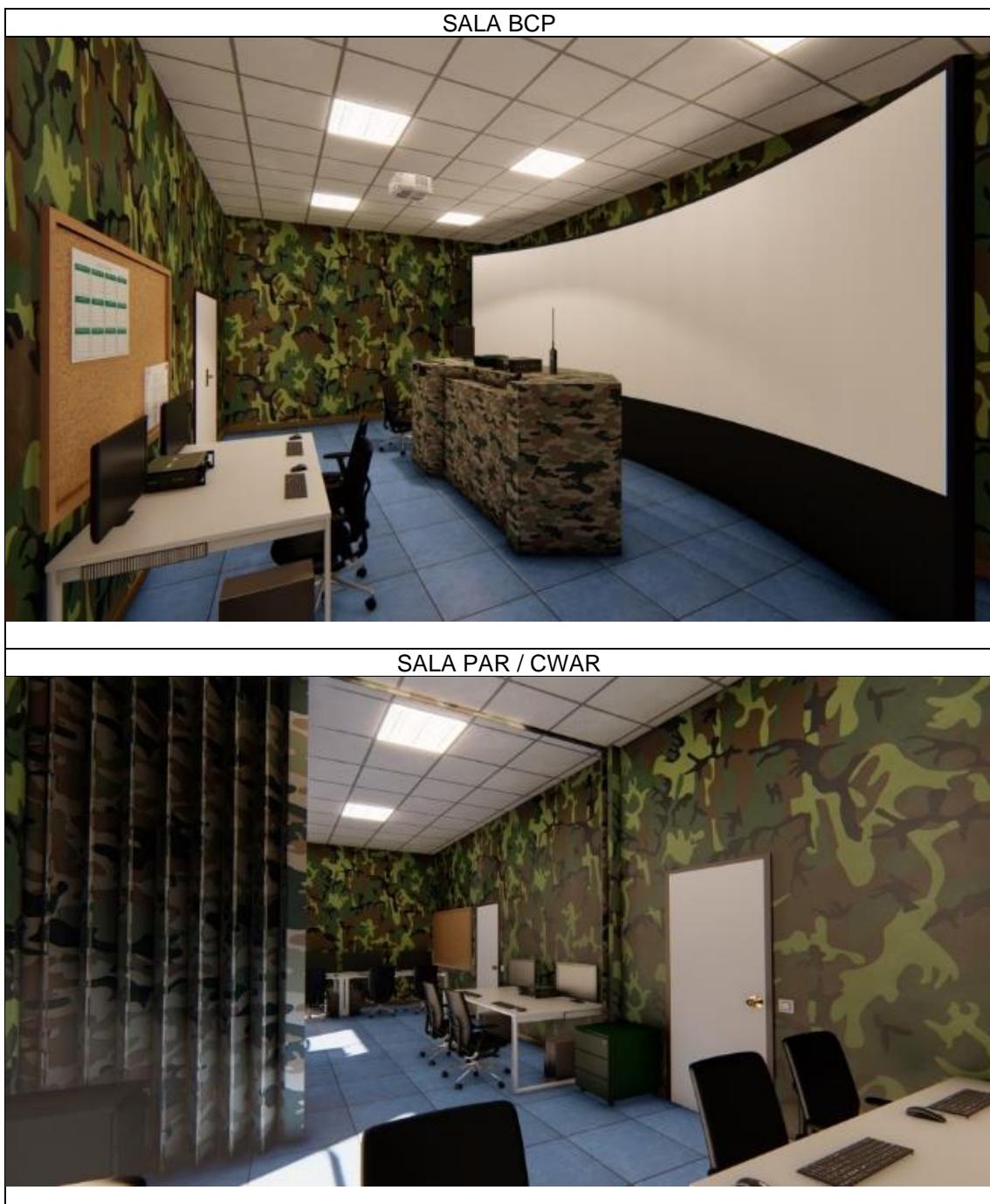


Ilustración 31. Sala BCP (1) y sala PAR/CWAR (2.) Fuente: Artículo “Avance tecnológico en la formación de operadores HAWK”, Teniente D. Sergio Moreno Romero GAAA I/74 , marzo 2020.

SALA PAR / CWAR



SALA MULTIPROPÓSITO / LANZADOR



Ilustración 32. Sala PAR/CWAR (1) y sala multipropósito / lanzador. Fuente: Artículo "Avance tecnológico en la formación de operadores HAWK", Teniente D. Sergio Moreno Romero GAAA I/74 , marzo 2020.

