



Trabajo Fin de Grado

Utilidad de los medios de simulación de un Grupo Artillería de Campaña en Apoyo Directo a una Brigada.

Autor:

C.A.C Javier Ramos Velázquez.

Directores:

Dña. Etelvina Javierre Pérez.

Cap. D. Ramón Milián Romeo.

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2019.

[Página intencionalmente en blanco]

Agradecimientos.

Quiero expresar mi agradecimiento a todos quienes han hecho posible el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado.

En primer lugar, a todos y cada uno de los integrantes del GACA VII de la BRILAT, por haberme hecho sentir como uno más del Grupo desde el primer día, recibiendo un trato cordial y ayudándome de manera desinteresada en todas las dudas que he tenido. En especial al Capitán de Artillería Don Ramón Milián Romeo, no solo por haberme guiado con mi trabajo, si no por haberme inculcado también los valores propios que se esperan de un oficial de Artillería.

En segundo lugar y de igual manera, quiero mostrar mi agradecimiento hacia la profesora de Centro Universitario de la Defensa Doña Etelvina Javierre, quién ha dirigido este trabajo, mostrando una total disponibilidad para aconsejarme y proporcionarme su colaboración en todo lo que ha sido posible. Así mismo, al profesor Don Julio Alberto Sangüesa Escorihuela, por su aportación y ayuda con partes más técnicas del trabajo.

Por último, el reconocimiento más afable y afectuoso lo reservo para mi familia y amigos íntimos, que comprenden y comparten mis propios sentimientos hacia la institución a la que formo parte, estando presentes y apoyándome en todo momento.

[Página intencionalmente en blanco]

Abstract.

In the 21st century, armies are in the middle of a process of adaptation and continuous improvement due to the fast development of technologies, as well as the evolution of new wars. Specifically, Field Artillery makes use of simulators that are able to recreate combat situations with great accuracy. These simulators allow the practice of command and control procedures as well as technical aspects of target acquisitions and ballistic trajectories estimates. These simulators are SIMACA and MICROSIMCAS.

This study aims at improving the use of the simulators in the training of Field Artillery Units. According to this, it is proposed to create a database with every available information about different exercises that can be executed, and to make this database accessible to each Artillery Group. The database would offer them a great variety of exercises to choose the most suitable exercise for each moment. In addition, it would also allow to solve possible interoperability problems between SIMACA and MICROSIMACA, and to unify working methods between different units. Here, the structure of the suggested database has been implemented in WorkBench and has been successfully tested, showing its capabilities and features.

Likewise, An evaluation process is proposed, which motivates the units to strive every day on demonstrate their operability and correct performance on the different exercises. The database stores objective data about the performance exercises, and therefore can be of great help before taking important decisions.

In addition, the research includes a study based on a cost analysis and a risk analysis about the use and implementation of MICROSIMACAS in the units. These analyses show the technical and economic viability of this system, whose apparent high costs can be easily amortized, compared to real fire maneuvers.

[Página intencionalmente en blanco]

Índice.

1.- Introducción.....	1
1.1.- Objetivos y alcance del proyecto.....	1
1.2.- Ámbito de aplicación.....	1
1.3.- Metodología.....	2
1.4.- Antecedentes.....	2
1.5.- Estructura de la memoria.....	3
2.- Marco teórico. El Grupo de Artillería de Campaña.....	5
2.1.- Organización de un GACA.....	5
2.2.- Elementos fundamentales de fuego.....	5
2.2.1.- Observador avanzado (OAV).....	6
2.2.2.- Destacamento de enlace (DEN) y <i>Fire Support Element</i> (FSE).....	7
2.2.3.- Centro Director de Fuegos (FDC).....	7
2.2.4.- Línea de piezas.....	8
3.- El simulador de Artillería de Campaña. SIMACA Y MICROSIMACAS.....	9
3.1.- Virtual Battel Space (VBS).....	9
3.2.- Software de Tecnabit.....	11
3.3.- Organización del simulador SIMACA.....	11
3.3.1.- Sala de control.....	12
3.3.2.- Salas panorámicas de OAV.....	13
3.3.3.- Sala de puesto de mando del GACA.....	13
3.3.4.- Salas multiusos.....	14
3.3.5.- Sala de línea de piezas.....	14
3.3.6.- Sala de Análisis.....	14
3.4.- Los simuladores MICROSIMACA.....	15
4.- Análisis de costes.....	16
4.1.- Créditos disponibles.....	16
4.2.- Costes de maniobras en SIMACA.....	16
4.3.- Costes de maniobras tipo ALFA.....	17
4.2.- Costes de implementación de un MICROSIMACA.....	18
5.- Análisis de riesgos.....	19
5.1.- Planificación de la gestión de riesgos.....	19
5.2.- Identificación de riesgos.....	19
5.3.- Planificación de la respuesta a los riesgos.....	20
5.4.- Supervisión y control de los riesgos.....	20
6.- Propuesta de base de datos.....	22
6.1.- Diseño conceptual de la base de datos.....	23

6.2.- Ejemplos de consultas sobre la base de datos.....	24
7.- Propuesta de evaluación.....	26
7.1.- Aspectos a evaluar.	26
7.2.- Proceso de evaluación.	27
8.- Conclusión.	28
9.- Bibliografía.	30
Anexo A: Modelo del Terreno de Afganistán.....	32
Anexo B: Modelo del Terreno de As Samawah (Irak).	33
Anexo C: Modelo del Terreno de Sahrani (Ficticio).....	34
Anexo D: Modelo del Terreno de Centro de Adiestramiento “San Gregorio” (Zaragoza).....	35
Anexo E: Costes de transporte hasta SIMACA.	36
Anexo F: Costes de dietas en el SIMACA.....	37
Anexo G: Costes de transporte en maniobras tipo ALFA.....	39
Anexo H: Coste de dietas en maniobras tipo ALFA.	40
Anexo I: Cuadrante de valores de Dietas, Plus e IRE en territorio nacional....	41
Anexo J: Previsión Calendario Anual Ejercicios tipo ALFA/JIC GACA VII.	42
Anexo K: Análisis cualitativo de riesgos.	43
Anexo L: Asociación de riesgos con sus clases.....	44
Anexo M: Medidas de seguridad en los simuladores.	45
Anexo N: Script SQL de la base de datos implementada.....	46
Anexo Ñ: Modelo lógico de la base de datos.	50
Anexo O: Consultas SQL.	51

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1: Organización Orgánica GACA VII.....	5
Ilustración 2: Despliegue de los elementos de un GACA en A/D a una Brigada.	6
Ilustración 3: Ruta en una petición de fuego.	6
Ilustración 4: Anemómetro Kestrel 2000.....	7
Ilustración 5: Vector (Versión 21 Nite).....	7
Ilustración 6: Línea de piezas Obús 1555/52 SIAC en Acción de Fuego.	8
Ilustración 7: Evolución en los productos de Bohemia Interactive.....	10
Ilustración 8: Obtención del Terreno 3D.....	11
Ilustración 9: Distribución por salas del SIMACA.	12
Ilustración 10: Principales funciones del puesto director de ejercicio.....	13
Ilustración 11: Línea de piezas SIMACA.	14
Ilustración 12: Diseño conceptual (Diagrama Entidad-Relación).....	24
Ilustración 13: Entidad Unidad rellena con todos los GACA,s y la ACART.	25
Ilustración 14: Entidad Ejercicio rellena con ejemplos.....	25

Índice de tablas.

Tabla 1: Posibilidades en la creación/modificación de entidades.....	10
Tabla 2: Créditos anuales para ejercicios en GACA VII.....	16
Tabla 3: Coste total de maniobras en SIMACA.	17
Tabla 4: Costes Totales de maniobras tipo ALFA.	17
Tabla 5: Costes de material para implementación de un MICROSIMACA.....	18

[Página intencionalmente en blanco]

Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos.

ACA	Artillería de Campaña.
ACART	Academia de Artillería.
A/D	Apoyo Directo.
APOFU	Apoyo de Fuegos.
Bía.	Batería.
BOMET	Boletín Meteorológico.
CAC	Caballero Alférez Cadete.
Cb.	Cabo.
Cb. 1º	Cabo Primero.
CENAD	Centro Nacional de Adiestramiento.
ET	Ejército de Tierra.
GACA	Grupo de Artillería de Campaña.
FDC	Centro Director de Fuegos, Fire Director Center.
FDO	Oficial Director de Fuegos, Fire Director Officer.
FSE	Elemento de apoyo de fuegos, Fire Support Element.
IED	Dispositivo Explosivo Improvisado Improvised Explosive Device.
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
JIC	Jornada de Instrucción Continuada.
OAV	Observador avanzado.
OPRTF	Operador de radioteléfono.
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte.
PAP	Programa Anual de Preparación.
PLM	Plana Mayor.
PLMM	Plana Mayor de Mando.
MPTM	Militar Profesional de Tropa y Marinería.
MDT	Modelo Digital del Terreno.
Sgto.	Sargento.
Sgto. 1.º	Sargento primero.
VBS	Espacio Virtual de Batalla, Virtual Battle Space.
VJTF	Fuerza Conjunta de Muy Alta Disponibilidad, Very High Readiness Joint Task Force.

[Página intencionalmente en blanco]

1.- Introducción.

La siguiente memoria, realizada por el Caballero Alférez Cadete (CAC) Javier Ramos Velázquez, es fruto del trabajo realizado durante las prácticas externas en el Grupo de Artillería de Campaña (GACA) VII, situado en Pontevedra, Galicia. La memoria plasma los resultados del Trabajo de Fin de Grado en el Grado de Ingería de Organización Industrial, impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar. El título del proyecto realizado es "Utilidad de los medios de simulación de un Grupo de Artillería de Campaña en Apoyo Directo a una Brigada".

1.1.- Objetivos y alcance del proyecto.

El objetivo principal de este trabajo es el estudio de viabilidad sobre el uso de los medios de simulación de un Grupo de Artillería de Campaña. De esta manera, y través de distintos análisis, se pretende proporcionar una herramienta más para la evaluación sobre el nivel de instrucción de las diferentes unidades de artillería. En concreto, se van a estudiar los medios de simulación que disponen del sistema Virtual Battle Space (VBS), como lo son el SIMACA de la Academia de Artillería (ACART) de Segovia y MICROSIMACAS implantados en diferentes unidades de España.

Además, actualmente existen ciertos problemas de interoperabilidad entre el SIMACA y algunos MICROSIMACAS, ya que estos últimos suelen trabajar de manera autónoma e independiente. Por tanto, no existe un procedimiento común que permita la unificación de métodos de trabajo. Por este motivo, con el objetivo de solventar dichos problemas, se propone la creación de una herramienta común que permita compartir ejercicios entre las diferentes unidades. Esta herramienta se basará en una base de datos a través del lenguaje MySQL en la que se podrá almacenar la información de un ejercicio ya creado, para posteriormente ser compartido al resto de unidades. De esta manera, y a través de un proceso de evaluación, se podrán obtener los resultados acerca de cómo actúan diferentes GACA,s ante un mismo ejercicio. Así mismo, se reducirá trabajo a la hora de diseñar nuevas recreaciones.

Mediante la determinación de estos objetivos y junto con un análisis de riesgos sobre el uso de simuladores y un análisis económico sobre la implementación y uso de estos, se pretende dotar de nuevas herramientas que redunden en una mejora sustancial en el nivel de instrucción y adiestramiento en las unidades de Artillería de Campaña. Por consiguiente, se tratará de dar respuesta a la pregunta de si los simuladores proporcionan un rendimiento óptimo, tanto en la práctica de procedimientos de mando y control y la simulación de los condicionantes del tiro de artillería, como en el ahorro derivado de estos sistemas.

1.2.- Ámbito de aplicación.

El Ejército de Tierra en su afán de mejora continua trata de fomentar e implementar el uso de las nuevas tecnologías con el fin de aportar una mejor calidad en la instrucción y adiestramiento de su personal. Por ello, los medios de

simulación de Artillería de Campaña son de gran utilidad para cumplir los requisitos que se consideran imprescindible en la instrucción y adiestramiento de un GACA en ejercicios tipo de Apoyo Directo (A/D) a unidad de entidad tipo Brigada. Además, de esta manera, los 13 Grupos de Artillería de Campaña pertenecientes a la Fuerza Terrestres del Ejército de Tierra [1], tienen la oportunidad de poner en práctica técnicas y procedimientos comunes que permiten a los jefes de grandes unidades evaluar el nivel en el que se encuentran las distintas unidades de Artillería.

1.3.- Metodología.

La metodología usada en este trabajo se basa en el estudio y recopilación de información que ayude a entender el funcionamiento de un GACA en cuanto a su instrucción y adiestramiento, en su marco operativo, en apoyo directo a una brigada. De igual manera, se estudia como todos estos procedimientos son simulados a través de una serie de herramientas, dispositivos y sistemas. Esto se conseguirá a través de los manuales y documentos que se pueden encontrar en la red de intranet de las Fuerzas Armadas, así como la realización de entrevistas personales con diferentes expertos sobre la materia abordada.

A continuación, se estudiará el rendimiento que se puede obtener de estos medios de simulación. Para ello se realizará un análisis de riesgos y un análisis económico, de tal modo, que se puedan obtener como conclusiones si realmente estos medios son rentables para la instrucción de un GACA, teniendo en cuenta los problemas actuales que existen en cuanto a interoperabilidad entre diferentes simuladores y el aparente elevado coste de adquisición. Se analizará, por un lado, el coste de inversión que supone la implementación de un sistema como este y, por otro lado, los costes asociados a la realización de maniobras en dichos simuladores.

Finalmente, se realizará el diseño conceptual y lógico de una base de datos a través del programa WorkBench, en su versión 8.0. En este programa se trabajará con lenguaje MySQL. Además, se almacenarán diversos ejercicios realizados por diferentes unidades, que serán demostrados mediante consultas sencillas sobre la base de datos implementada. De esta manera se podrán almacenar todos los datos posibles sobre diferentes ejercicios, para más tarde poder ser compartidos de manera segura a través de la Red de Propósito General del Ministerio de Defensa. Junto con esta base de datos, se confeccionará un proceso de evaluación que permita valorar la acción de las diferentes unidades.

1.4.- Antecedentes.

A lo largo de las últimas décadas, se ha podido observar como en el mundo globalizado en el que vivimos han surgido nuevas amenazas y nuevos entornos complejos en los que se desarrollan distintas operaciones militares. Por ende, de manera simultánea, estos ejércitos han ido evolucionando con nuevas técnicas, tácticas y procedimientos con el objetivo principal de poder hacer frente a lo que hoy denominamos como “combate híbrido”¹. En este tipo de conflictos

¹ Combate híbrido: tipo de conflicto en el que al menos uno de los adversarios hace uso de operaciones no convencionales con acciones terroristas y conexiones del crimen organizado [23].

se debe ser capaz de neutralizar o derrotar a fuerzas irregulares organizadas que llevan a cabo acciones terroristas con procedimientos no convencionales. Todo ello, tratando siempre de producir el menor número de daños colaterales posibles. Ejemplos de ello los podemos encontrar en los conflictos acontecidos en países como Irak, Líbano, o de forma aún más clara en Ucrania.

Debido a la complejidad de estos conflictos, es preciso que las unidades y ejércitos convencionales den un salto de calidad en su nivel de instrucción y adiestramiento. La implementación y uso de las nuevas tecnologías de simulación son grandes herramientas para alcanzar los requerimientos que quedan entredichos con una instrucción básica elemental. No obstante, estos recursos de simulación se deben combinar con métodos tradicionales, por lo que se requiere un período de trabajo largo y complejo que debe estar en permanente mejora continua, consiguiendo así el progreso en la ampliación de los métodos ya aprendidos.

De forma particular, dentro de la Artillería de Campaña, se han desarrollado una serie de medios capaces de simular acciones de fuego de artillería. En concreto, el Simulador de Artillería de Campaña (SIMACA), situado en la Academia de Artillería de Segovia, permite la instrucción y adiestramiento del personal que ocupa todos los puestos operativos de un GACA, desde los escalones más avanzados de observación, hasta la línea de piezas.

El SIMACA utiliza el sistema Virtual Battle Space que permite a las unidades de infantería tener una participación activa a la hora de conducir las operaciones en las que se integre la maniobra y el fuego propio de artillería. De esta manera, las unidades de artillería tratan de recrear situaciones de combate lo más real posible y con un impacto logístico mínimo.

Así mismo, se está llevando a cabo un proceso paulatino de instalación de MICROSIMACAS en todos los GACA,s, de manera que se permita realizar los mismos procedimientos que en el SIMACA, pero de manera más reducida. En estos últimos simuladores, la entidad máxima que puede trabajar es de una o dos baterías, por lo que la simulación de ejercicios de A/D a una Brigada no son abordados de manera precisa.

1.5.- Estructura de la memoria.

La estructura de este trabajo se compone de siete bloques diferenciados. El primero de ellos atiende a la introducción, en la que se exponen los objetivos principales que se quieren alcanzar con la implementación y uso de los simuladores de Artillería de Campaña, así como la metodología y el ámbito de aplicación del trabajo.

En el segundo bloque se explica el funcionamiento de un GACA en su marco operativo, del mismo modo que sus elementos fundamentales a la hora de realizar fuego. En el tercer bloque, se explica cómo funcionan los simuladores de Artillería de Campaña (SIMACA y MICROSIMACA) y cómo se recrean con precisión los procedimientos habituales de trabajo con medios de simulación.

En el cuarto bloque, se formula un análisis detallado de los costes, tanto de maniobras con ejercicios de fuego reales, como maniobras con medios de simulación, así como sus costes de implementación y uso.

En el quinto bloque, se identifican y analizan los posibles riesgos que pueden llegar a encontrarse a la hora del desarrollo del proyecto, diferenciando cuál es su probabilidad de aparición y su impacto.

En el sexto bloque, se explica la propuesta sobre la creación de una base de datos y por qué esta puede llegar a convertirse en una herramienta de gran utilidad para la mejora en la instrucción con simuladores, así como la solución a problemas de interoperabilidad entre SIMACA y MIRCOSIMACAS. De igual manera, y a partir de los datos recogidos en la citada base, se explica cómo pueden ser evaluados dichos parámetros y con qué finalidad.

Finalmente, el último bloque incluye las conclusiones del trabajo y las líneas futuras derivadas de los resultados del proyecto obtenidos hasta el momento. Además, la memoria finaliza con una bibliografía y los anexos oportunos.

2.- Marco teórico. El Grupo de Artillería de Campaña.

Un Grupo de Artillería de Campaña, cuando se encuentra realizando misiones de tipo Apoyo Directo a una Brigada [2], tiene entre sus cometidos fundamentales proporcionar fuegos a las tropas que se encuentran próximas al combate. Para ello, se debe precisar de una organización, medios y personal capaces de desarrollar un plan de fuegos en estrecha coordinación con la unidad apoyada, ya que estos tendrán prioridad sobre las peticiones de fuego.

2.1.- Organización de un GACA.

La organización orgánica de un GACA puede tener pequeñas variaciones dependiendo de los medios, materiales y el encuadramiento de cada uno de los GACA,s [3]. No obstante, de forma general, todo GACA debe componerse por los siguientes elementos [4]:

- Mando (ejercido por un Teniente Coronel).
- Plana Mayor de Mando (PLMM).
- Una Batería de Plana Mayor (Bía. de PLM).
- Dos o tres Baterías de Armas.
- Una Batería de Servicios (Bía. de Sv,s).
- Una Batería Mistral (Bía. SAM).

En la Ilustración 1 se puede observar la orgánica propia del GACA VII de la Brigada Galicia VII, como ejemplo de una organización de un GACA, en la que se encuentran dos baterías de armas con obuses 155/52 SIAC y una tercera batería de armas con obuses 105/37 LIGHT GUN.

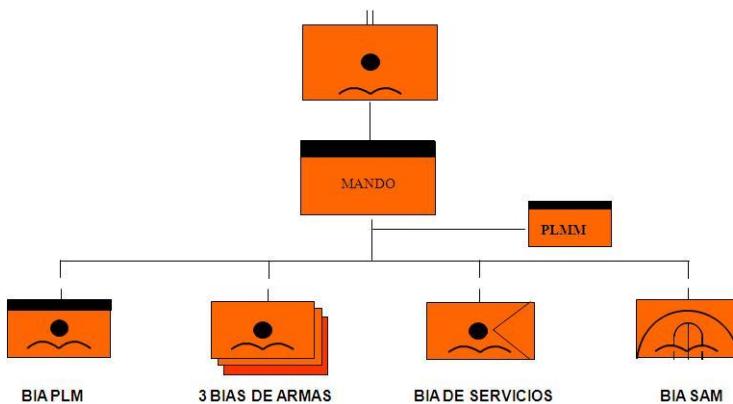


Ilustración 1: Organización Orgánica GACA VII. Referencia: [5].

2.2.- Elementos fundamentales de fuego.

Para alcanzar las misiones de adquisición de objetivos, mando y control y la ejecución del fuego, un GACA debe tener una serie de elementos fundamentales para la realización de estos cometidos. Además, deben trabajar de manera coordinada para poder optimizar el grado de instrucción del personal. En la Ilustración 2 se muestra una representación del despliegue de estos

elementos en una situación real de apoyo directo a una Brigada. Así mismo, en la Ilustración 3 se explica de manera esquemática la ruta que debe seguir una petición de fuego.

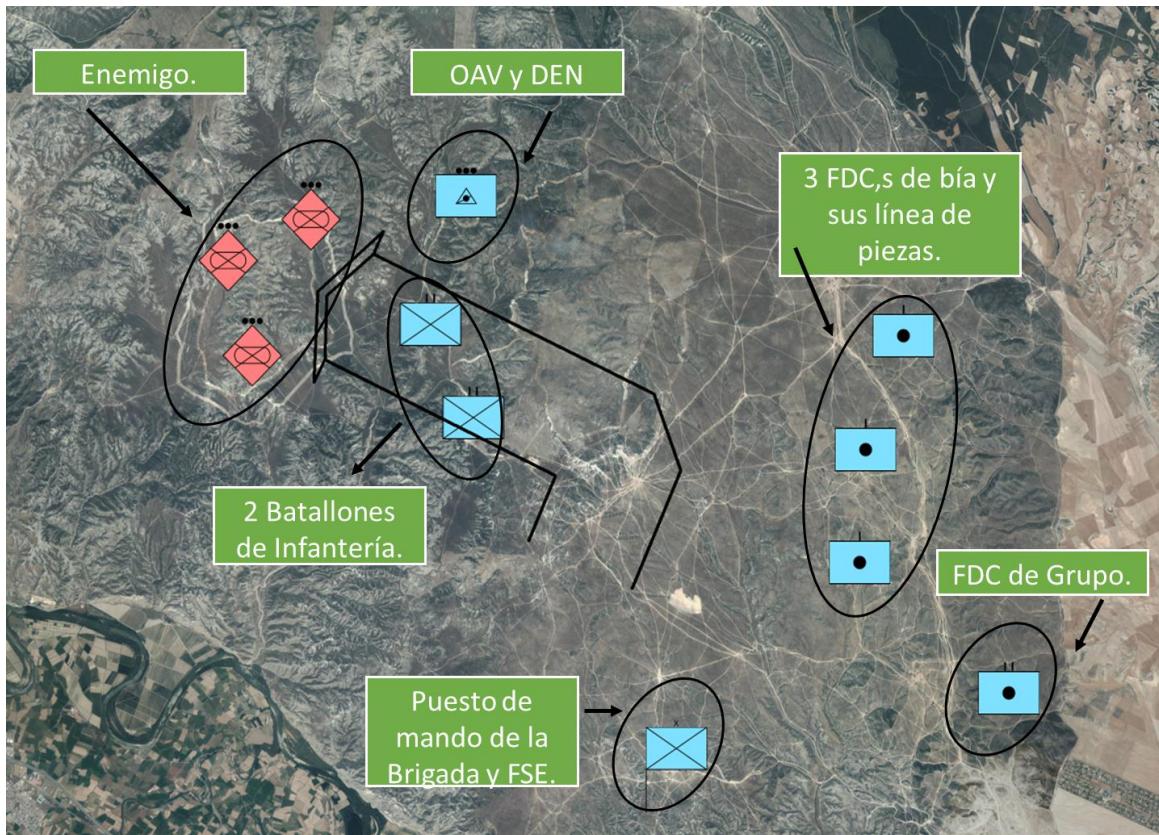
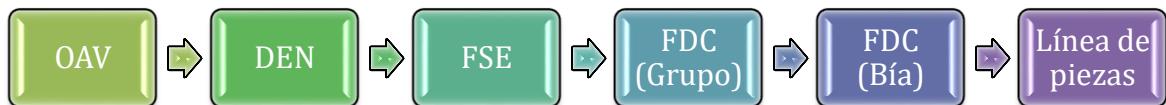


Ilustración 2: Despliegue de los elementos de un GACA en A/D a una Brigada. Elaboración propia.



2.2.1.- Observador avanzado (OAV).

Dentro de un GACA en A/D existen hasta nueve equipos de observadores avanzados. Estos, se encuentran encuadrados dentro de la sección de enlace de la batería de plana mayor. No obstante, en su maniobra serán destacados dentro de las unidades de combate de la unidad a la que se está realizando apoyo [6].

Un equipo de observadores avanzados se compone por cuatro personas: un jefe de equipo (con empleo de Sgto./Sgto. 1.º), un segundo jefe (Cb. 1.º), un conductor (Cb.) y un operador de radioteléfono (MPTM).

Entre sus cometidos principales destacan la adquisición de objetivos², la obtención de información general del campo de batalla, la evaluación de los efectos de las acciones de fuego, la transmisión de información para la corrección del tiro y la participación en el planeamiento del apoyo en la unidad que esté encuadrado.

Para ello, serán necesarios una serie de medios, desde algunos más sencillos como una simple brújula o un anemómetro³ (Ilustración 4), hasta otros más complejos como un telémetro láser LP-7 o la evolución de este, el Vector. El Vector (Ilustración 5), reúne las capacidades de hasta cinco instrumentos (prismáticos, brújula digital, distanciómetro láser, inclinómetro y visión nocturna), permitiendo así una gran movilidad y mayor disponibilidad operacional.



Ilustración 4: Anemómetro Kestrel 2000. Referencia : [6].



Ilustración 5: Vector (Versión 21 Nite). Referencia: [7].

2.2.2.- Destacamento de enlace (DEN) y *Fire Support Element* (FSE).

El Destacamento de Enlace o DEN [8], es el elemento que trabaja en estrecha coordinación con las unidades de maniobra dentro de la brigada. Su posición táctica se encuentra en el puesto de mando de dichas unidades de maniobra y se encargara de asesorar de la mejor manera posible en cuanto a los elementos de apoyo de fuegos (APOFU,s) tanto los suyos propios con sus morteros como los fuegos de la artillería. Por lo tanto, debe existir un DEN por cada batallón que se encuentra realizando la maniobra.

De igual manera, entre sus cometidos principales se encuentran también, el establecer enlace tanto con los OAV,s, como con el *Fire Support Element* (FSE) [9]. El FSE, asesora directamente al General Jefe de la Brigada en cuanto a materia de APOFU,s.

2.2.3.- Centro Director de Fuegos (FDC).

El Centro Director de Fuegos o FDC es el encargado de transformar las peticiones de juego en órdenes de tiro. Aquí, deben diferenciarse el FDC de grupo de los FDC,s de baterías. Estos últimos, podrán asumir los cometidos del FDC de grupo si no existe enlace entre ambos, si actúan de manera independiente (modo autónomo) o cuando la situación táctica lo requiera [10].

Por tanto, el FDC es el encargado de las tareas técnicas para la realización del fuego tales como el cálculo preciso de los datos de tiro, la elección de que medios son los óptimos para cada una de las situaciones o la transmisión

2 Adquisición de objetivos: acción que incluye la detección, localización e identificación de objetivos [6].

3 Anemómetro: dispositivo capaz de medir la velocidad instantánea del viento, la temperatura ambiente o el caudal del viento [24].

de mensajes. Todo ello debe hacerse de manera rápida, precisa y eficaz. Por consiguiente, a pesar de conocer los procedimientos clásicos, se cuenta con el apoyo del sistema TALOS técnico. Esta herramienta, permite una rápida ejecución en los cálculos de datos y de sincronización.

Entre el personal que componen un FDC, se distinguen el Oficial director de fuegos (FDO), el Jefe de Calculadores y el Calculador, cada uno con unos cometidos diferenciados que de manera conjunta hacen posible el trabajo final del FDC.

2.2.4.- Línea de piezas.

La línea de piezas es el órgano ejecutor del tiro. Una vez recibidas las órdenes de tiro por parte de los FDCs de baterías, realizan todos los pasos que hacen posibles la expulsión de uno o varios proyectiles hacia un objetivo.

Los sistemas de armas que conforman esta línea de piezas han de haber sido levantados topográficamente por los equipos topográficos de las baterías, y estos a su vez, por los equipos topográficos del grupo. De esta manera se consigue disminuir gran parte de los errores posibles a la hora de los cálculos previos y conseguir una gran precisión.

Dependiendo del GACA en el que nos encontremos, podemos encontrar diferentes sistemas de armas. Los sistemas de armas principales que tiene el Ejército de Tierra en dotación son el Obús 155/52 SIAC (Ilustración 6) [11], el ATP 155/39 M-109 [12], y el Obús 105/37 LIGHT GUN [13]. Además, todavía aún, existen otros materiales más antiguos en ciertas unidades como el Obús 105/14 OTO MELARA [14].



Ilustración 6: Línea de piezas Obús 155/52 SIAC en Acción de Fuego. Referencia: [15].

3.- El simulador de Artillería de Campaña. SIMACA Y MICROSIMACAS.

Se conoce como simulador al aparato capaz de reproducir las condiciones de un fenómeno, mecanismo o acontecimiento para permitir su enseñanza y adiestramiento, y que la persona se habitúe a esa realidad a la que deberá enfrentarse [16]. En concreto, tanto el SIMACA como los MICROSIMACAS son los simuladores de fuegos que permiten el adiestramiento del personal de los diferentes elementos de Puesto de Mando y observadores de un GACA, tanto en los aspectos técnicos del tiro como en el empleo táctico de la Artillería (integración de los fuegos con la maniobra propia, gestión de la información de blancos o la coordinación entre fuegos de ACA, morteros, apoyos aéreos, etc).

El funcionamiento de estos simuladores y la recreación con gran realismo y nivel de detalle del campo de batalla en el que se está desarrollando el ejercicio es posible gracias al trabajo conjunto de varios elementos principales. Estos elementos son el motor gráfico VBS, la inteligencia artificial a través del software propio proporcionado por la empresa Tecnabit, y el conjunto de hardware y periféricos.

3.1.- Virtual Battel Space (VBS).

El VBS es un motor gráfico⁴ proporcionado por la empresa Bohemia Interactive. Dicha empresa se dedica principalmente a la creación de simuladores basados en juegos comerciales con aplicación militar [17]. Los motores gráficos diseñados por esta empresa funcionan de tal manera que envían constantemente al dispositivo de visualización 3D todos los datos necesarios del próximo frame⁵.

En sus comienzos, Bohemia Interactive lanzó al mercado videojuegos comerciales como "Operation Flashpoint: Cold War Crisis" [18], o la saga de videojuegos titulada "ARMA" [19]. Estos videojuegos permitieron a sus usuarios vivir experiencias de juegos de acción en primera persona tanto en modo un jugador como multijugador. Años más tarde, la empresa comenzó el diseño del VBS, lanzando su primera versión (VBS1) en el año 2004. Los VBS fueron diseñados y orientados a aplicaciones militares.

Este tipo de videojuego se conocen con el término "Serious games". Este término hace referencia a aquellos videojuegos cuya finalidad principal no es el entrenamiento o actividad de ocio, si no que por el contrario su diseño y objetivo fundamental se centra en la formación y la recreación de posibles situaciones reales a las que pueden hacerse frente profesionales como militares y cuerpos de seguridad del estado. La Ilustración 7 muestra el progreso temporal en el desarrollo de productos por parte de Bohemia Interactive, desde sus comienzos hasta la actualidad.

⁴ Motor gráfico: parte de un programa software que se encarga de crear y desarrollar un videojuego, de tal manera que, controla, gestiona y actualiza los gráficos 3D en tiempo real [25].

⁵ Frame o fotograma: es una imagen concreta dentro de una sucesión de imágenes en movimiento. La sucesión rápida de frames permiten la percepción del movimiento [26].



Ilustración 7: Evolución en los productos de Bohemia Interactive. Elaboración propia.

En concreto el VBS3, motor gráfico utilizado por SIMACA y MICROSIMACAS, permite usos militares (como misiones de convoy, lucha contra IED, Check-points, evacuación de heridos, reconocimiento de rutas, combate en zonas urbanizadas o helitransportes) y usos para el resto de las fuerzas de seguridad del estado (como control de fronteras, rescate de rehenes, inmigración ilegal, contrabando, gestión de emergencias o seguridad en eventos).

El VBS3 posee una gran biblioteca de recursos. Concretamente, ofrece la posibilidad de elegir entre **8.019 entidades**. Entre ellas se encuentran entidades de todo tipo (tanto civiles como militares) y de todos los países, lo que permite diferenciar características específicas entre etnias, edades, países o ejércitos. Estas entidades tienen la capacidad de actuar a pie, conducir vehículos, pilotar aeronaves, saltar en paracaídas, nadar, bucear o usar armamento. Es decir, interactúan de primera mano con todo el entorno y elementos recreados.

Por tanto, en la creación de un nuevo ejercicio, debe seleccionarse el grado de hostilidad de estas entidades, según el criterio de instrucción que se quiera implantar. En la Tabla 1 se muestra, como ejemplo, las distintas posibilidades que ofrece en cuanto al tipo de fuerza y la actitud de esta. De igual manera se podrá modificar durante la realización del ejercicio a través de la sala de control.

Tipo de Fuerza	Actitud de la fuerza
Aliado	Ofensiva
Oponente	Defensiva
Neutral	Neutral
Desconocido	
Otro	

Tabla 1: Posibilidades en la creación/modificación de entidades. Elaboración propia.

El entorno ambiental es simulado con gran precisión, permitiendo a los usuarios la posibilidad de una navegación correcta. Esto se ha conseguido gracias a la simulación de la rotación de la Tierra en los ciclos día/noche, el posicionamiento exacto de las estrellas, las sombras de día y de noche con

efectos de iluminación, la variabilidad del viento o los efectos meteorológicos de lluvia, niebla, nieve y tormentas de arena. Todos estos efectos, además de proporcionar una buena navegación, son factores que afectan de manera directa e indirectamente a los objetos 3D y al cálculo del tiro.

En la Ilustración 8 se muestra cómo se consigue la simulación del terreno 3D a partir de la superposición de varias herramientas.



Ilustración 8: Obtención del terreno 3D. Elaboración propia.

En concreto, el VBS3 permite la simulación de ejercicios en escenarios reales como Afganistán (Anexo A), la ciudad iraquí de As Samawah (Anexo B) y un tercer escenario ficticio llamado Sahrani (Anexo C). Además, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), en estrecha coordinación con Bohemia Interactive, ha permitido la recreación, con un realismo de nivel medio, del Centro Nacional de Adiestramiento (CENAD) "San Gregorio" de Zaragoza (Anexo D).

3.2.- Software de Tecnabit.

Tal y como se ha explicado anteriormente, el VSB es un motor gráfico que se encarga principalmente de la proyección de imágenes en las pantallas. Por tanto, para el desarrollo completo del simulador es necesario una inteligencia artificial que haga funcionar los recursos ofrecidos por el motor gráfico en tiempo real, permitiendo una correcta interacción entre los usuarios y los ambientes recreados.

Esto se consigue gracias la inteligencia artificial creada por la empresa española Tecnabit del grupo Oesía. En concreto, dicha inteligencia es la encargada de realizar todos los procedimientos reglamentados en cuanto a técnicas de tiro, cálculos balísticos, fórmulas de velocidad, vectores de recorrido de los proyectiles, sistemas de movimiento, etc.

La empresa Tecnabit hizo su primera colaboración con el Ejército en 2001. En este año, se introdujo la inteligencia virtual desarrollada hasta el momento con el VBS1. No obstante, a lo largo de los últimos años, esta tecnología ha ido desarrollándose y adaptándose a las necesidades que se requerían en cada momento y en especial en las nuevas versiones del VBS (VBS2 y VBS3).

3.3.- Organización del simulador SIMACA.

En este punto se explica cómo están organizadas y distribuidas cada una de las salas y dependencias del SIMACA, como órgano central de simulación. Esta organización sirve de referencia para los distintos MICROSIMACAS de las unidades. No obstante, en estos últimos se podrán encontrar una distribución diferente según el espacio y medios disponibles.

La conexión entre las distintas salas y elementos se conseguirá gracias a una red LAN que conecta todos ellos mediante comutadores “switch” que permiten la interconexión de equipos informático como ordenadores, pantallas, medios de transmisión de fonía y datos con radios PR4G maquetadas y PR4G táctiles. En la Ilustración 9 se muestra la distribución por salas según los elementos principales de un GACA en A/D a una Brigada.

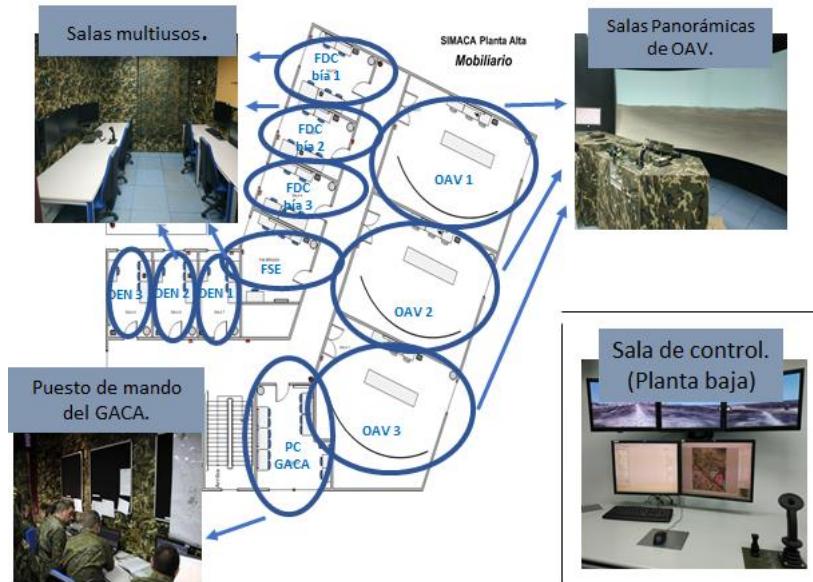


Ilustración 9: Distribución por salas del SIMACA. Elaboración propia.

3.3.1.- Sala de control.

En esta sala se pueden observar dos puestos totalmente independientes. Por un lado, el puesto de director del ejercicio y por el otro, el puesto del instructor. No existen diferencias físicas entre ambos puestos, y ambos disponen de exactamente los mismos medios: tres pantallas de visualización, un joystick para el movimiento y dos pantallas conectadas a un ordenador para la realización de procesos de control, configuración y administración.

El puesto de instructor lo ocupa personal propio del SIMACA como experto en simuladores y tiene la posibilidad de realizar funciones técnicas que no se encuentran en el puesto del director del ejercicio. El puesto de director de ejercicio lo ocupa el personal designado de cada una de las unidades visitantes. Sus funciones principales se recogen de manera simplificada en la Ilustración 10, y se detallan a continuación.

- **Creación y gestión de unidades:** las unidades creadas aparecen en un árbol de entidades, ordenadas según bando (aliado, oponente, neutral...) y nivel de daño de la unidad. De igual manera, aparecen las cámaras, los sonidos y los objetos tácticos creados.
- **Visualización y control de todos los puestos (OAV,s y resto de salas):** Con esta función se asigna una visual a una entidad.
- **Cambiar las condiciones meteorológicas y generación de Boletines Meteorológicos (BOMET):** con esta herramienta se cambian las

condiciones meteorológicas (lluvia, viento, nieve, niebla...) y también se cambia la hora para poder hacer ejercicios nocturnos.

- **Generar explosiones** (simulación de explosiones de artillería y morteros): Se pueden escenificar explosiones (munición rompedora, fumígena e iluminante) con efectos o sin efectos.
- **Sonido ambiente:** Se puede seleccionar el tipo de sonido (disparos de armas ligeras, disparos de artillería...).
- **Creación de obstáculos tácticos**, como campos de minas o IED,s.
- **Comprobación de parámetros** a través de herramientas como zonas vista y ocultas, perfiles del terreno y medidor de distancias o superponibles.
- **Mensajería:** se permite mandar mensajes de texto al resto de salas.



Ilustración 10: Principales funciones del puesto director de ejercicio. Elaboración propia.

3.3.2.- Salas panorámicas de OAV.

En el total de estas tres salas, los OAV,s se podrán mover, tanto a vehículo como a pie, con la ayuda de un joystick y tienen visual del terreno en la pantalla. También, a través de medios como el Vector, el G-10, la brújula o el GPS pueden interactuar directamente sobre la pantalla y poder realizar así sus cometidos de adquisición de objetivos y correcciones.

Además, los OAV,s podrán usar alguna de salas multiusos (véase punto 3.3.4) en caso de ser necesario. En cambio, en estas salas no se podrá hacer uso de aparatos físicos, si no que estos se encuentran integrados en la pantalla de visualización. Por consiguiente, se deberá hacer uso de los botones auxiliares que se encuentran junto al joystick para poder realizar su trabajo.

3.3.3.- Sala de puesto de mando del GACA.

En esta dependencia se lleva a cabo la dirección técnica (FDC de Grupo) y táctica (Centro de Operaciones) del tiro. Por consiguiente, no son necesarios esta sala medios de visualización y movimiento. Por el contrario, si son necesarios medios de transmisiones con el resto de las salas, además de una correcta conexión LAN para el uso del Talos propio de cada unidad, de tal manera que se permita una correcta transmisión de datos entre los distintos ordenadores que estén conectados a dicho programa.

3.3.4.- Salas multiusos.

El SIMACA tiene un total de siete salas multiusos, cada una de ellas dotadas de tres monitores pequeños de visualización de la maniobra, además de herramientas de transmisiones con conexión vía radio. Estas salas otorgan la posibilidad de ser usadas por diferentes elementos de un GACA, dando así una polivalencia y flexibilidad mucho mayor. En concreto, las pueden utilizar unidades de maniobra, observadores avanzados, destacamentos de enlace, unidades de morteros, unidades de reconocimiento y por el FSE en su trabajo de planeamiento, asesoramiento y coordinación de los elementos de apoyo de fuegos.

De igual manera, existen un total de cuatro *shelters* exteriores para la realización de tareas de FCD,s, funciones Radar y funciones RPAS.

3.3.5.- Sala de línea de piezas.

Esta sala cuenta con un total de ocho obuses 105/26 Naval Reinoso (Ilustración 11) adaptados de tal manera que permite la perfecta integración con el simulador a través de los medios de puntería. Mediante estas modificaciones, se posibilita que los artilleros que realizan las funciones de pieceros participen en el ejercicio que está teniendo lugar en las demás dependencias del simulador.



Ilustración 11: Línea de piezas SIMACA. Elaboración propia.

3.3.6.- Sala de Análisis.

La sala de análisis se utiliza para dar conferencias, presentaciones sobre los ejercicios a realizar, realizar juicios críticos tras la ejecución, reuniones de análisis durante la operación en curso, etc. Tiene un total de cuarenta y cinco asientos y dispone de una pantalla panorámica con proyector para ser utilizada libremente.

3.4.- Los simuladores MICROSIMACA.

Los MICROSIMACAS implantados en los propios GACA,s son simuladores capaces de realizar los mismos cometidos que el SIMACA. No obstante, los MICROSIMACA,s deben adaptarse a las limitaciones de las unidades, principalmente a cuanto espacio y costes económicos se refiere.

Además, estos simuladores surgen como respuesta a la imposibilidad del SIMACA para atender a todos los GACA,s más de dos veces al año debido su estricto calendario. Hay que añadir que, el SIMACA no atiende solamente a los GACA,s de manera profesional, si no que realiza también las tareas de instrucción y adiestramiento para los alumnos de la Academia de Artillería.

Sin embargo, las principales limitaciones de los MICROSIMACAS se ven reflejadas cuando la instrucción de un grupo completo no es factible. No existen los medios ni el espacio suficiente para más de dos observadores y una o dos baterías. A pesar de ello, se consideran una herramienta de trabajo muy útil para la instrucción de entidades tipo batería. De esta manera, se puede trabajar para conseguir que las baterías alcancen un nivel de instrucción óptimo, previamente a la integración con el resto del Grupo.

Por otro lado, en cuanto a las dependencias de un MICROSIMACA, en el puesto de control no habrá diferencia entre puesto de director del ejercicio y el puesto del instructor. Estos, son unificados en uno solo. Además, los OAV no cuentan con pantallas panorámicas. Estos trabajan mediante la representación del VBS en un proyector y desempeñan sus funciones propias de OAV mediante un ordenador. Por último, no existe una línea de piezas, ni una sala multiusos. El personal de las baterías trabaja según la distribución que le permite sus instalaciones.

Además, en el punto 4.4 se muestran los costes para su implementación en una unidad, atendiendo al material necesario.

4.- Análisis de costes.

En este apartado se realiza un análisis en costes en el que se muestran los costes asociados tanto a unas maniobras en el SIMACA como unas maniobras reales de tipo ALFA. Asimismo, se estudia los costes de implementación de un MICROSIMACA atendiendo a las necesidades y capacidades a las que debe hacer frente.

Los siguientes datos han sido recogidos a través del Programa Anual de Preparación (PAP) del GACA VII 2019. Este programa, además de otros datos económicos, han sido proporcionados por la sección de habilitación de dicho Grupo. Con este PAP, se pretende proporcionar el conjunto de órdenes, directrices y normas para el desarrollo y ejecución de las distintas actividades de preparación a realizar por el Grupo. Así mismo, se toman estos datos como referencia y se tratarán como similares para el resto de GACA,s. No obstante, pueden existir pequeñas variaciones con respecto al resto de las unidades.

4.1.- Créditos disponibles.

Se estudia aquí los costes asociados a unas maniobras en SIMACA (punto 4.2) frente a unas maniobras de tipo ALFA (punto 4.3). En la tabla 2 se muestra la disponibilidad inicial de créditos que posee el GACA VII para la realización de dichas actividades. Debe tenerse en cuenta que dichos créditos ya incluyen una reserva de contingencia para posibles imprevistos.

Tipo de Ejercicio	Lugar	Días	Dietas (€)	Locomoción (€)	Carburante (€)	Otros munimistros (€)	TOTAL (€)
ALFA	CENAD San Gregorio	10,5	55.000,00	18.000,00	70.000,00	4.100,00	147.100,00
SIMACA	ACART (Segovia)	4,5	11.064,32	4.300,00	0	0	15.364,32

Tabla 2: Créditos anuales para ejercicios en GACA VII. Elaboración propia.

4.2.- Costes de maniobras en SIMACA.

Se estudian los gastos de dietas y combustible asociados a unas maniobras en el SIMACA. Este último gasto, se encontrará dentro de los gastos de locomoción a los que hace referencia la Tabla 2. En estos gastos de locomoción, además de los gastos por combustible, se incluyen otros derivados como el desgaste de vehículos (ruedas, aceite, filtros, etc) o el coste de los conductores.

Teniendo en cuenta la relación de GACA,s, se calculan los costes asociados a que todos ellos acudan, al menos una vez, a realizar unas maniobras al SIMACA. El estudio de dichos costes se encuentra de manera detallada en el Anexo E (costes de transporte) y en el Anexo F (costes de dietas). Del citado análisis, se obtiene que el coste que le supone al ejército que acudan todos los GACA,s al SIMACA es de un total de **120.230,24€**. Dicho coste se encuentra desglosado según la Tabla 3.

	Total (€)
Combustible	18133,23
Dietas	102097,01
	120230,24

Tabla 3: Coste total de maniobras en SIMACA. Elaboración propia.

4.3.- Costes de maniobras tipo ALFA.

A través de la misma metodología llevada a cabo en el punto 4.2 se calculan los costes asociados a unas maniobras de tipo ALFA de 10,5 días de duración en el CENAD de San Gregorio. Estos costes se calculan para un solo GACA, en concreto el GACA VII, ya que se conocen un mayor número de datos.

Además, se considera como uno de los valores máximos debido a su distancia con respecto a Zaragoza.

Para el caso particular del GACA VII, se obtiene un gasto total de **118.968,98€**, tal como de desglosa en la Tabla 4. El desarrollo de dichos costes se encuentra de manera detallada en el Anexo G (costes de transporte) y en el Anexo H (costes de dietas). No obstante, aquí no se estudian todos los gastos asociados a munición y material de guerra. Este material será utilizado según la previsión de Calendario Anual (Anexo J).

	Total (€)
Combustible	74735,52
Dietas	44233,46
	118968,98

Tabla 4: Costes Totales de maniobras tipo ALFA. Elaboración propia.

A la vista de los resultados, se puede observar como el coste total, de maniobras tipo ALFA, de un solo Grupo como el GACA VII es tan solo **1.261,26€** más económico, a que asistan todos los GACA,s, al menos una vez al SIMACA.

4.2.- Costes de implementación de un MICROSIMACA.

Según el material necesario para la implementación de un MICROSIMACA, reflejado en la Tabla 5, se obtiene un coste total de **24.740€**.

	Cantidad	Coste por unidad (€)	Coste Total (€)
Licencias VBS3	2	6000	12000
Ordenadores	20	550	11000
Proyector para OAV	2	250	500
Pantalla para proyector	2	45	90
Conmutador Switck	1	250	250
Material de oficina (mesas, sillas, pizarras, corchos...)	1	600	600
Material de electronica (cableado, puertos...)	1	300	300
		TOTAL (€)	24740

Tabla 5: Costes de material para implementación de un MICROSIMACA. Elaboración propia

Por tanto, la implementación de 13 MICROSIMACAS (total de GACA,s) supone un coste total de **321.620€**.

A pesar de que dicho coste es casi tres veces mayor que el coste total calculado en el punto 4.2 (120.230€), se puede considerar como un coste rápidamente amortizable en menos de dos o tres años. Esta amortización se consigue gracias a que la habilitación de un MICROSIMACA en cada unidad redundaría en la no imputación de costes por transporte y dietas, y se pueden realizar tantas maniobras y ejercicios como sean necesarios.

5.- Análisis de riesgos.

Los riesgos son los eventos que durante el desarrollo del proyecto aparecen de manera incierta y que puede implicar un efecto negativo en los objetivos, como pueden ser en el tiempo, en el alcance, en la calidad o en el coste [20].

En este apartado se realiza un análisis de los posibles riesgos del uso e implementación de simuladores para la instrucción de aspectos técnicos y tácticos en acciones de A/D a una Brigada. Por lo tanto, siguiendo una metodología APQP (Advanced Product Quality Planning) se trata de alcanzar los requisitos que todos los *stakeholders*⁶ implicados en la utilización e implementación de los mencionados simuladores demandan. De esta manera, se observa que pueden existir riesgos en la planificación, en el diseño y proceso de los simuladores, así como en su desarrollo. Así pues, se ha seguido un proceso de gestión de riesgos de la siguiente manera:

- Planificación de la gestión de riesgos.
- Identificación de riesgos.
- Análisis cualitativo de riesgos.
- Planificación de la respuesta a los riesgos.
- Supervisión y control de los riesgos.

5.1.- Planificación de la gestión de riesgos.

Esta planificación tiene como objeto identificar los riesgos, la forma de actuar ante ellos y definir como serán controlados durante su aparición.

En el caso de los SIMACAS y MICROSIMACAS, se ha basado en la recopilación de información a través de herramientas básicas sobre el control de la calidad. Por consiguiente, se ha realizado un *brainstorming*⁷ en el que han participado de primera mano un equipo formado por personal civil que trabaja diariamente en el SIMACA como ingenieros, personal militar que trabaja tanto en el SIMACA como en los MICROSIMACAS y personal militar con experiencia en el uso de estos simuladores, tanto en su versión actual como en versiones más antiguas.

5.2.- Identificación de riesgos.

A través de la metodología descrita anteriormente se ha elaborado una matriz de análisis de riesgos (Anexo K), en la que se puede comprobar la descripción de cada uno de los posibles riesgos, a que causas se deben su aparición y a que categoría pertenecen. En dicha matriz se identifican como principales los siguientes riesgos:

1. Uso inadecuado de los medios.
2. Malversación de los medios.

⁶ Stakeholders o grupos de interés: Personas u organizaciones activamente comprometidas en el proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados positiva o negativamente como resultado de la ejecución o conclusión del proyecto [27].

⁷ Brainstorming o lluvia de ideas: Método de trabajo en grupo que facilita la búsqueda de ideas originales para resolver problemas determinados [28].

3. Incompatibilidad de horarios de las unidades para asistir al SIMACA como órgano central.
4. Sobrecostes.
5. Dificultad a la hora de unificar el motor gráfico (VBS) con la inteligencia artificial (Tecnobit).
6. Mala adaptación al uso de los simuladores por falta de instrucción.
7. Fallos del sistema.
8. Rápido desarrollo de nuevas versiones y sistemas.
9. Evaluación subjetiva.
10. Base de datos incompleta.
11. Mal uso de la base de datos.
12. Negativa de ciertas unidades a realizar un ejercicio.

Una vez identificados los riesgos, se realiza un análisis cualitativo en el que a cada riesgo se le asocia su clase correspondiente, atendiendo a su probabilidad de aparición y su impacto (Anexo L). El análisis cualitativo, también implica conocer los efectos que genera el riesgo.

5.3.- Planificación de la respuesta a los riesgos.

Con el objeto de reducir al máximo posible los posibles riesgos y tener una opción de mejora y desarrollo en cuanto al uso en la instrucción de los simuladores, en la tabla de análisis de riesgos (Anexo K) se exponen también posibles medidas para reducir la clase del riesgo.

Tras la realización del análisis cualitativo de riesgos se puede observar cómo se han estudiado un total de **doce** posibles tipos de riesgos que se pueden encontrar a la hora de usar e implementar una sala de simuladores de artillería de campaña según las características y alcances que se quiere conseguir según este proyecto.

Del total de estos riesgos, ninguno se ha considerado como crítico. Se encuentra un riesgo de clase bajo, ocho de clase media y tres de clase media-alta. No obstante, tras las medidas propuestas, todos los riesgos analizados se consideran de clase baja o media.

Así pues, se concluye que el uso e implementación de los simuladores, no lleva consigo riesgos críticos que puedan poner en peligro su buen funcionamiento. Además, todos los riesgos tienen asociadas medidas que mediante una buena supervisión y control (véase punto 5.4) pueden reducir notablemente su aparición.

5.4.- Supervisión y control de los riesgos.

La supervisión y control de los riesgos expuestos será realizada de manera principal por el SIMACA, que actuará como órgano central. No obstante, cada uno de los MICROSIMACAS deberá hacerse cargo de sus propias actividades de mantenimiento y control con el propósito de evitar la aparición de dichos riesgos o en dicho caso, la disminución de su impacto. Además, en caso de suceder esto último, se deberá comunicar al órgano central y resto de

MICROSIMACAS a modo informativo para que no ocurra de igual manera en el resto. Algunas de estas actividades son:

- Supervisar y controlar la ejecución de la respuesta a los riesgos.
- Identificar y analizar nuevos posibles riesgos.
- Actualizar la tabla de análisis de riesgos.
- Atender a los desencadenantes y controlar la ejecución de planes de contingencia.
- Hacer uso de las medidas de seguridad de los simuladores (Anexo M).

6.- Propuesta de base de datos.

En este apartado se propone la creación de una base de datos como una herramienta para favorecer y mejorar el uso de los simuladores. En esta base de datos se pretende recoger información relativa a todos los GACA,s y ejercicios simulados. De esta manera, se pretende solventar posibles problemas gracias a las siguientes ventajas que ofrece dicha base de datos:

- **Unificación de métodos de trabajo de todos los GACA,s.** Con una estandarización y normalización en los procedimientos, tanto tácticos como técnicos, se permite que un trabajo conjunto sea mucho más eficaz y eficiente, como pueden ser unas maniobras reales de entidad División (con varios GACA,s trabajando a la vez) o la realización de misiones en el exterior en las que se trabaja tanto con miembros de otras unidades e incluso de otros países.
- **Reducción en el tiempo de creación de ejercicios.** En cuantiosas ocasiones, la creación de un ejercicio completo requiere de un proceso laborioso y prolongado en el tiempo. Esto se puede deber a la gran cantidad de posibilidades que ofrece el motor gráfico VBS3, la falta de conocimiento por parte del personal de las unidades que no están acostumbradas a trabajar con estos medios o la falta de tiempo debido al resto de actividades en el día a día de las unidades. De esta manera, el personal del SIMACA, como expertos en el uso de simuladores, pueden realizar la creación de ejercicios mucho más elaborados que permitan mejores posibilidades a la hora de la instrucción.
- **Elección del ejercicio más idóneo para cada momento.** Gracias a atributos de la base de datos como propósito, observaciones o los tipos de objetivos, se permite la elección del ejercicio que mejor convenga para incrementar paulatinamente el grado de instrucción de las unidades. Además, el número de ejercicios aumentará con el paso del tiempo ofreciendo cada vez mayores opciones.
- **Recaudación de lecciones aprendidas.** A través de las observaciones, tanto previas como posteriores, de cada una de las unidades de realizan los ejercicios se permite llevar a cabo un proceso de mejora continua, localizando posibles errores o diferentes métodos de trabajo.
- **Evaluación de los GACA,s.** Ante la realización de un mismo ejercicio por diferentes GACA,s y a través de los datos recogidos tras su finalización, se podrán comparar y evaluar. De esta manera, también se pretende motivar a las unidades para estar siempre en un grado de instrucción óptimo y en disposición de realizar cualquier tipo de ejercicio que se le exija. Así mismos, esto puede favorecer y ayudar a la hora de tomar importantes decisiones (véase también punto 7).

Además, la base de datos debe atender a una serie de medidas que la conviertan en una herramienta útil y segura. Por ello deberá ser de acceso limitado pudiendo acceder a ella solamente el personal que se designe como personal autorizado para acceder a esta información privilegiada. Este personal

constará de los especialistas informáticos de los GACA,s con conocimientos suficientes para su correcta utilización o similares. Así mismo, el personal que trabaja como encargado del SIMACA actuará como usuario principal a dicha base, teniendo la potestad de autorizar nuevos usuarios en caso de ser necesario y de bloquear o eliminar cuentas que no se utilicen o hagan un uso inadecuado. Por consiguiente, la confidencialidad de los usuarios se considera de gran importancia, no pudiendo hacer público los resultados de cualquier ejercicio de cualquier GACA.

De igual manera, la transmisión de datos se realizará de manera segura mediante la Red de Área Extensa WAN-PG del Ministerio de Defensa [21]. Esta red permite el cifrado de la transmisión de información y permite el manejo de información clasificada de difusión limitada. Mediante estas medidas se trata de garantizar la integridad de la base de datos, evitando posibles ataques informáticos en búsqueda de información sensible.

A continuación, se describen las especificaciones llevadas a cabo para el diseño, tanto conceptual como lógico, de la base de datos. Así mismo, a través de consultas SQL, se muestran ejemplos de su funcionamiento y empleo.

6.1.- Diseño conceptual de la base de datos.

Dentro de las diferentes entidades que podemos observar en el diagrama de entidad-relación (Ilustración 12), las más importantes son:

- **Ejercicio**, ya que en torno él se basa todo el modelo conceptual.
- **Objetivos**, que es el objeto protagonista del proceso, donde se recogen los datos más importantes de cara a la evaluación posterior
- **OAV**, el cual designa los objetivos que pueden adquirir las unidades.

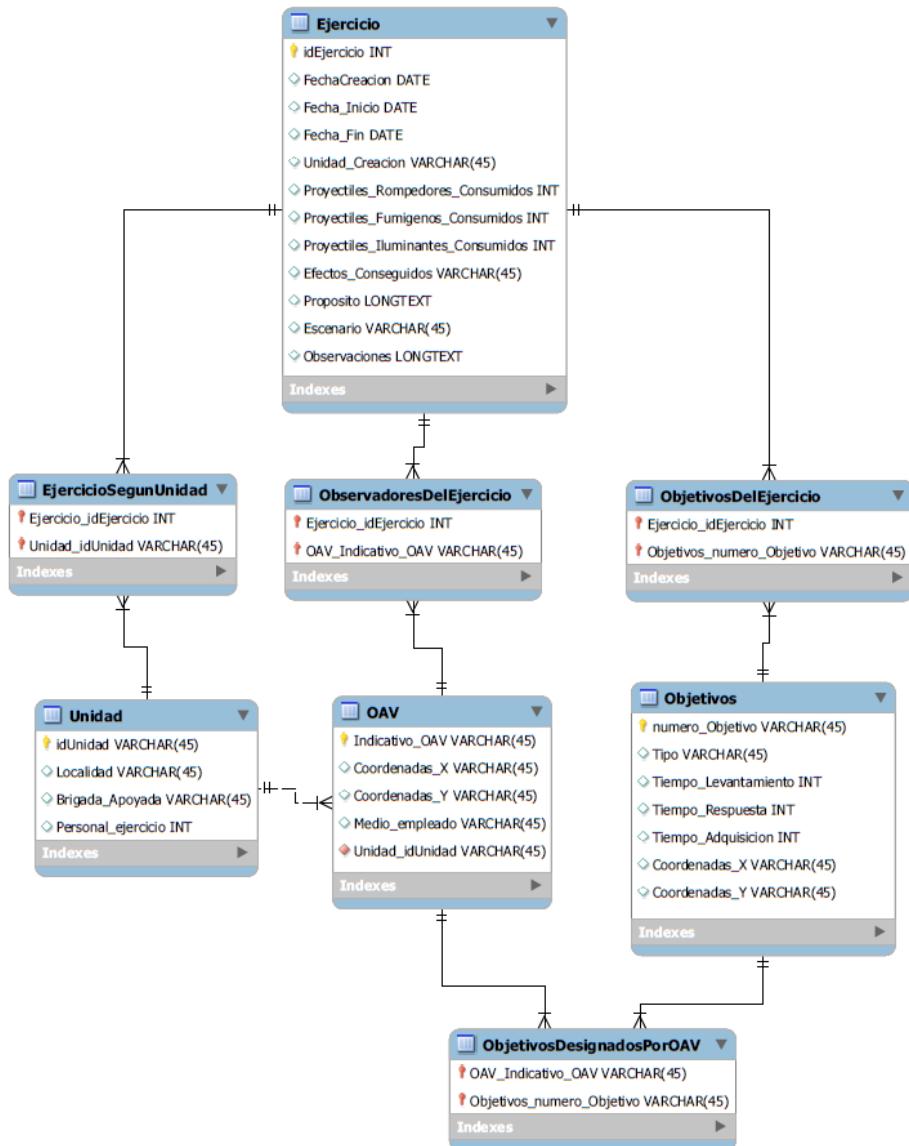


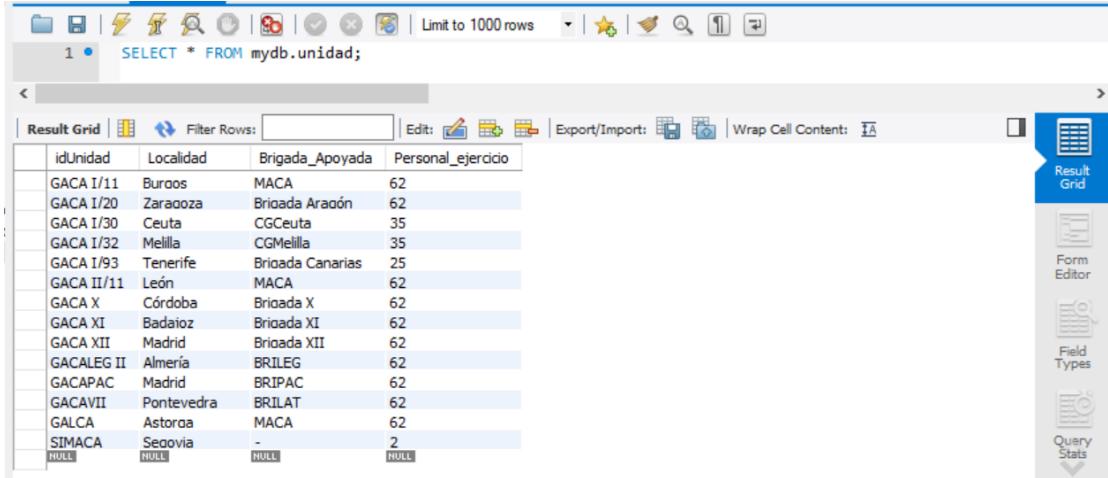
Ilustración 12: Diseño conceptual (Diagrama Entidad-Relación). Elaboración propia.

Además, en el Anexo N, se explica el diseño lógico de la base de datos. Es decir, se explica de manera detallada las relaciones entre las entidades, así como los atributos que las definen.

6.2.- Ejemplos de consultas sobre la base de datos.

Se demuestra aquí el funcionamiento de la base de datos. Para ello, se han rellenado las diferentes entidades con datos reales y ficticios sobre ejercicios. De igual modo, en el Anexo N se incluye el *script SQL* de la base implementada.

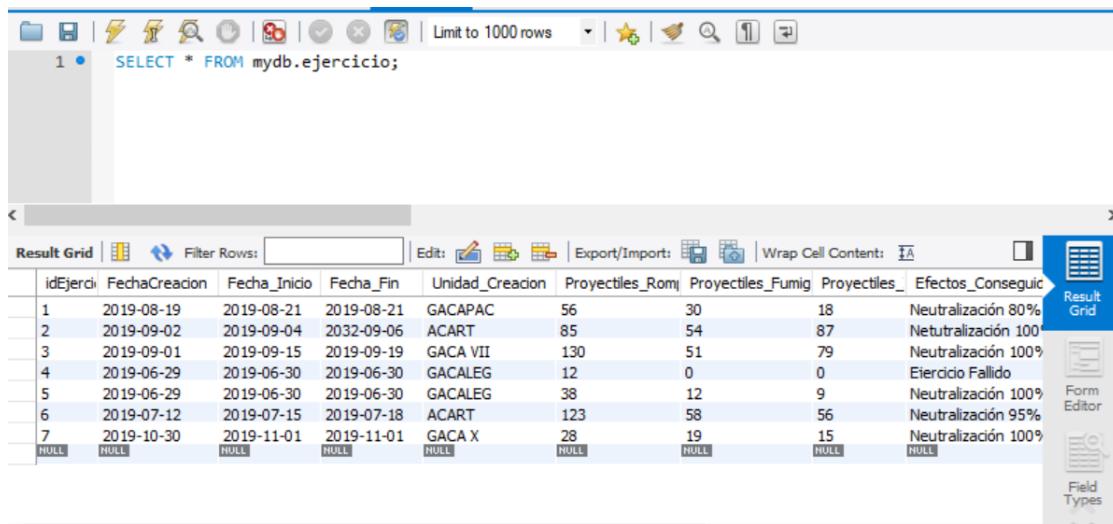
En la Ilustración 13 se muestra la entidad Unidad con todos los GACA,s y la ACART, como unidad del órgano central SIMACA. Esta entidad será modificada solamente en el caso que se decida incluir otra unidad que pueda participar en los ejercicios, y cuando el personal total que realiza los mismo sea mayor que el fijado.



	idUnidad	Localidad	Brigada_Apoyada	Personal_ejercicio
1	GACA I/11	Buroos	MACA	62
	GACA I/20	Zaraoza	Brioda Araón	62
	GACA I/30	Ceuta	CGCeuta	35
	GACA I/32	Melilla	CGMellila	35
	GACA I/93	Tenerife	Brioda Canarias	25
	GACA II/11	León	MACA	62
	GACA X	Córdoba	Brioda X	62
	GACA XI	Badaioz	Brioda XI	62
	GACA XII	Madrid	Brioda XII	62
	GACALEG II	Almería	BRILEG	62
	GACAPAC	Madrid	BRIPAC	62
	GACAVII	Pontevedra	BRILAT	62
	GALCA	Astorga	MACA	62
	SIMACA	Seoovia	-	2
	NULL	NULL	NULL	NULL

Ilustración 13: Entidad Unidad rellena con todos los GACA,s y la ACART. Elaboración propia.

En la Ilustración 14, se muestra un ejemplo de la entidad Ejercicio rellena con ejercicios ficticios, junto con los atributos que los definen.



	idEjercicio	FechaCreacion	Fecha_Inicio	Fecha_Fin	Unidad_Creadon	Proyectiles_Rom	Proyectiles_Fumig	Proyectiles_	Efectos_Conseguid
1	2019-08-19	2019-08-21	2019-08-21		GACAPAC	56	30	18	Neutralización 80%
2	2019-09-02	2019-09-04	2032-09-06		ACART	85	54	87	Neturalización 100%
3	2019-09-01	2019-09-15	2019-09-19		GACA VII	130	51	79	Neutralización 100%
4	2019-06-29	2019-06-30	2019-06-30		GACALEG	12	0	0	Ejercicio Fallido
5	2019-06-29	2019-06-30	2019-06-30		GACALEG	38	12	9	Neutralización 100%
6	2019-07-12	2019-07-15	2019-07-18		ACART	123	58	56	Neutralización 95%
7	2019-10-30	2019-11-01	2019-11-01		GACA X	28	19	15	Neutralización 100%
NULL	NULL	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Ilustración 14: Entidad Ejercicio rellena con ejemplos. Elaboración propia.

De igual manera, en el Anexo O, se muestran consultas SQL más elaboradas en las que se aprecian las relaciones entre entidades y el resto de las entidades.

7.- Propuesta de evaluación.

En este apartado se propone una herramienta que complemente la propuesta anterior sobre la creación de la base de datos (punto 6). Por consiguiente, y a partir de los datos obtenidos en la base de datos tras la finalización de un ejercicio, se propone que sean evaluados con el objeto principal de conocer la situación en cuanto al rendimiento o el nivel de instrucción de cada GACA en un momento determinado. Así mismo, se puede llegar a considerar una herramienta de gran utilidad a la hora de toma de importantes decisiones tales como la elección de que unidad debe ir a una misión en el exterior, o que Brigada está en mejores condiciones para actuar como parte de la *Very High Readiness Joint Task Force* (VJTF⁸) en la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN).

7.1.- Aspectos a evaluar.

Se deberá tener en cuenta que no todos los GACA,s poseen los mismos materiales en cuanto a tipo de piezas se refiere. Por ello no se podrá evaluar de igual manera a todos los Grupos y se deberá considerar sus capacidades y vulnerabilidades (alcance, movilidad, etc). Este factor también se deberá tener en cuenta a la hora de la creación de ejercicios y objetivos a batir. En aquellos ejercicios que se propongan comunes para todos los GACA,s, se deberá encontrar un equilibrio entre facilidades y dificultades para todos los tipos de materiales. Los principales aspectos objetivos que se evaluarán son los siguientes:

- **Munición consumida.** Se considerará positiva para una mejor evaluación la optimización en el consumo de munición. Es decir, se pretende que se consiga batir a los objetivos con el menor número de proyectiles posibles. De esta manera también, se podrá conocer el número de correcciones previas que han sido necesarias para pasar a una acción de fuego en eficacia. De este modo, se almacenará un conteo de los proyectiles rompedores, fumígenos e iluminantes dependiendo del propósito que se quiera alcanzar.
- **Medios empleados.** Se tendrá en cuenta los medios utilizados por el observador para la adquisición de los objetivos. En ocasiones, se podrán encontrar incidencias creadas de manera concienciada con el propósito de que no se puedan utilizar los medios más cómodos y avanzados. Por consiguiente, se evaluará que medio es utilizado para solventar dichas dificultades y como afectan a los posteriores tiempos de adquisición, levantamiento y respuesta.
- **Tiempo de adquisición.** Hace referencia al tiempo que transcurre desde que el observador detecta el objetivo, lo identifica y obtiene su localización de la manera más posible precisa.

⁸ VJTF: Fuerza de la OTAN de alta disponibilidad compuesta por unidades terrestres, navales, aéreas y fuerzas especiales capaz de desplegarse con rapidez. Surge en 2014, para adaptarse a las nuevas amenazas de Oriente Medio y norte de África [29].

- **Tiempo de levantamiento.** Hace referencia al tiempo que transcurre desde que el observador detecta el objetivo, hasta la generación de la primera petición de fuego por parte de este [22].
- **Tiempo de respuesta.** Hace referencia al mínimo tiempo que transcurre desde que el observador detecta el objetivo, hasta que el proyectil sale de la boca de fuego de la pieza o piezas que van a batir dicho objetivo [22].

7.2.- Proceso de evaluación.

Para un correcto proceso de evaluación se propone como necesaria la figura de una persona física que empeñará las funciones de evaluador. De esta manera, se pretende conseguir una evaluación mucho más real y objetiva, solventando así posibles problemas que puedan aparecer a partir de las diferentes capacidades de los GACA,s frente a un ejercicio común. Estas funciones de evaluador, las podrá desempeñar el actual personal que trabaja en el SIMACA. La experiencia y profesionalidad de dicho personal se considera más que óptima para el desempeño de estas funciones. Así mismo, lo principales ejercicios que serán evaluados se llevarán a cabo en el SIMACA, ya que ofrece mayor número de posibilidades y comodidades para el desempeño de un ejercicio importante. El evaluador, además de tener en cuenta los aspectos objetivos recaudados en la base de datos, también observará y evaluará los métodos de trabajado y funcionamiento. Otros ejemplos de aspectos a evaluar, que no son recogidos en la base de datos son los siguientes:

- **Reacción ante objetivos imprevistos.** Se tendrá en cuenta la manera de actuar ante incidencias no planeadas y si se consigue subsanar dichas incidencias.
- **Ambiente de trabajo.** Se valorará positivamente un ambiente de trabajo correcto en el que predomine la una buena comunicación, valores morales positivos, el compromiso con la excelencia o la transmisión de ordenes coherente.
- **Actitud del personal.** Sin poner en entredicho la profesionalidad del personal que realiza los ejercicios, se tendrá en cuenta la actitud de estos. El Ejército de Tierra fomenta en todo momento el afán de superación constante día tras día, es por ello por lo que entre su personal se deben observar contantes muestras de iniciativa, flexibilidad y motivación.

8.- Conclusiones y líneas futuras.

Tras el estudio realizado en la presente memoria, se puede concluir que los simuladores de Artillería de Campaña son una de las mejores herramientas que existen en la actualidad para completar la instrucción y adiestramiento de los GACA,s.

Los simuladores de Artillería de Campaña presentan las siguientes ventajas:

- Adiestramiento en un ambiente próximo a la realidad. Permiten situaciones de combate complicadas o peligrosas.
- Contribuyen a potenciar el trabajo en equipo y a practicar la toma de decisiones en tiempo real.
- Coste mínimo frente a la instrucción en el terreno, y prolongando la vida del material.
- Reducción de accidentes.
- Preservación del medio ambiente.

En primer lugar y de manera específica, se ha podido comprobar que el SIMACA cumple con los requisitos que se demanda para poder hacer frente a una instrucción de entidad Grupo en A/D a una Brigada. En cambio, los MICROSIMACAS deben mejorar sus capacidades para poder hacer frente a los mismos requisitos. No obstante, los MICROSIMACAS se consideran muy beneficiosos para asentar las bases de mando y toma de decisiones a entidades más pequeñas.

Además, como se ha comprobado en el análisis económico, la implementación de MICROSIMACAS supone un coste que rápidamente puede ser amortizado de manera rentable en comparación con los elevados costes que suponen la realización de maniobras tipo ALFA. Asimismo, se ha podido comprobar que los riesgos que conlleva la implementación y uso de simuladores no son elevados y carecen de una importante gravedad.

En segundo lugar, la propuesta de la base de datos supone un avance y un progreso para el desarrollo en el uso de simuladores. La puesta en común de ejercicios de todo tipo y de todas las entidades ofrece un amplio abanico de posibilidades a la hora de instruirse. Por consiguiente, se trata también así, de unificar métodos de trabajo, facilitando la integración de posibles trabajos conjuntos de varios GACA,s, ya bien sea durante períodos de maniobras o en misiones reales en el exterior.

Del mismo modo, la base de datos resulta provechosa para la toma de importantes decisiones ya que permite una evaluación rápida, eficaz y objetiva de todos los ejercicios almacenados.

Finalmente, se concluye con que a pesar de que los simuladores no pueden sustituir por completo las maniobras reales, estos han demostrado que suplen con creces la falta de instrucción real que sufren todos los GACA,s debido a sus elevados costes. Por tanto, se debe seguir apostando por la investigación y el desarrollo en los simuladores, para que se pueda alcanzar un nivel aún mayor en la instrucción con medios de este tipo.

A la luz de los sistemas de simulación de Artillería de Campaña analizados en este trabajo, se puede identificar las siguientes líneas futuras complementarias.

Por un lado, la conexión simultánea de varios MICROSIMACA,s podría permitir la realización de ejercicios de mayor entidad, permitiendo no solo realizar ejercicios de Apoyo Directo a una Brigada sino también maniobras más complejas de entidad tipo División.

Por otro lado, se plantea también la posibilidad de que los simuladores MICROSIMACA,s interactúen con simuladores propios de otras especialidades fundamentales (como por ejemplo el simulador VICTRIX o el STEEL BEASTS). De esta manera, se incrementaría la complejidad y por tanto el nivel instrucción de las misiones simuladas de entidad tipo Brigada, en la que interactúan todas las especialidades fundamentales de manera coordinada.

9.- Bibliografía.

- [1] Ministerio de Defensa, Boletín oficial del estado, Orden DEF/166/2015. Fecha: Martes 10 de Febrero de 2015.
- [2] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Pd4-304 « Empleo de la artillería de campaña», 2018.
- [3] Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales. Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Empleo del GACA Heterogéneo», 2016.
- [4] Estado Mayor del Ejecito, or4-307, «Orientaciones. Grupo de Artillería de Campaña», 1997.
- [5] «Ejército de tierra.» [En línea]. Disponible en: <http://www.ejercito.mde.es/unidades/Pontevedra/brilat/Organizacion/artilleria.html>. [Accedido: 21-sep-2019].
- [6] Mando de Adiestramiento y Doctrina, MI-304, «Equipo del observador de Artillería de Campaña », 2015.
- [7] «VECTOR 21 Nite | Safran Vectronix». [En línea]. Disponible en: <https://www.safran-vectronix.com/product/vector-21-nite/>.
- [8] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Pd4-103, «Batallón de Cazadores de Montaña», 2019.
- [9] Mando de Adiestramiento y Doctrina, DIVA-IV-030, «La coordinación en las acciones/fuegos basados en los efectos», 2005.
- [10] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Mi-303, «Equipo FDC de artillería de campaña», 2017.
- [11] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Capítulo 4 «Organica de la bateria»
- [12] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Capítulo 1 «Materiales ATP», pp. 1-4, 1916.
- [13] Estado Mayor del Ejército, «MT Obús de 105mm Light-Gun Descripción y Mantenimiento Orgánico». 1997.
- [14] Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Obús rem. 105/14. Oto Melara», 2004.
- [15] Memorial de Artilleria, número 170/1 «250 años de innovación», Junio de 2014.
- [16] «Definición de Simulador » Concepto en Definición ABC. [En línea]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/simulador.php>. [Accedido: 04-oct-2019].
- [17] «BISim». [En línea]. Disponible en: <https://www.bisimulations.com/>. [Accedido: 04-oct-2019].
- [18] «Operation Flashpoint: Cold War Crisis - EcuRed». [En línea]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Operation_Flashpoint:_Cold_War_Crisis. [Accedido: 04-oct-2019].
- [19] «Comunidad Steam : Arma 3». [En línea]. Disponible en: <https://steamcommunity.com/app/107410?l=spanish>. [Accedido: 04-oct-2019].
- [20] Marta Torralba, «Tema 5 gestión de riesgos», Asignatura de Oficina de Proyectos, 2018.
- [21] Comandante Miguel Ángel Rego Fernández, «Proyectos tecnológicos de seguridad en el ministerio de defensa», IX Jornadas sobre Tecnologías de la Información para la modernización de las Administraciones públicas

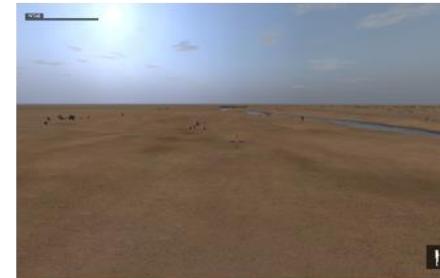
(TECNIMAP) 2006.

- [22] Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Proyecto de tiro AAA», 2004.
- [23] Pedro Sánchez Herráez, «La nueva guerra híbrida: un somero análisis estratégico», Instituto Español de Estudios Estratégicos, vol 54, 2014.
- [24] Madeleine Renom, «Knemometria», Principios básicos de las mediciones atmosféricas, vol. 14, n.º 8-9, pp. 115-119, 1994.
- [25] C. González Muñoz, M.A. Gracia Brandrés, L. Sanagustín Grasa, y D. Romero San Martín, «Análisis: Motores gráficos y su aplicación en la industria», Instituto Tecnológico de Aragón, 2014.
- [26] «Definición de Frame - Significado y definición de Frame». [En línea]. Disponible en: <https://sistemas.com/frame.php>. [Accedido: 04-oct-2019].
- [27] Marta Torralba, «Tema 2. Gestión de la integración», Asignatura de Calidad 2018.
- [28] Marta Torralba, «Tema 3. herramientas y técnicas aplicadas al control de la calidad», Asignatura de Calidad, 2017.
- [29] Benedicte Real, «TEMA 6: La OTAN.», Asignatura de Relaciones Internacionales, 2019.

Anexo A: Modelo del Terreno de Afganistán.

TERRENO	Geotypical_Afghanistan	IMAGENES
TIPO	Geotípico	
ZONA GEO	Afganistán	
SUPERFICIE	25 x 25 Km	
REALISMO	Alto	
ORIGEN	VBS	
FECHA	14-12-2017	
OBSERVACIONES		
<p>El terreno representado es un cuadrado de unos 25.600 m de lado (655 km2 en total).</p> <p>La topografía, el terreno, la vegetación y las edificaciones están ambientados en una zona típica perteneciente a Afganistán.</p> <p>El terreno dispone de una red de carreteras, puentes, infraestructuras de tipo militar y distintos tipos de edificaciones que ofrecen una gran gama de posibilidades para la planificación de operaciones, ejercicios y simulacros.</p>		     

Anexo B: Modelo del Terreno de As Samawah (Irak).

TERRENO	As Samawah (Irak)	IMAGENES			
TIPO	Geoespecífico				
ZONA GEO	Irak				
SUPERFICIE	50 x 50 Km				
REALISMO	Alto				
ORIGEN	VBS				
FECHA	25-01-2016				
OBSERVACIONES					
<p>El terreno representado corresponde a un cuadrado de unos 51 km de lado (2.601 km²) de una zona de Irak, tomando como centro aproximado la ciudad de As Samawah.</p> <p>El escenario dispone de una red de carreteras, puentes, instalaciones industriales, infraestructuras de tipo militar y distintas áreas urbanas y rurales de tipo árabe que ofrecen una variada gama de entornos para la planificación de operaciones, ejercicios y simulacros.</p>					

Anexo C: Modelo del Terreno de Sahrani (Ficticio).

TERRENO	Sahrani	IMAGENES
TIPO	Geotípico	
ZONA GEO	Isla	
SUPERFICIE	20 x 20 Km	
REALISMO	Alto	
ORIGEN	VBS	
FECHA	25-06-2015	
OBSERVACIONES	<p>El terreno representado es un cuadrado de unos 20.300 m de lado (400 km² en total), entre masas de agua y superficie terrestre. De esta última hay unos 100 km² de tierra firme y 20 km² de islas.</p> <p>La topografía y el terreno están ambientados en una isla atlántica muy variada y rica visualmente, dividiéndose en dos hábitats bien diferenciados:</p> <p>Al norte, la República Democrática de Sahrani (DRS), que simula un entorno continental centroeuropeo con montañas, profundos valles, playas rocosas y acantiladas, espacios verdes, bosques de hoja ancha y abetos, praderías y campos de cultivo correspondientes a dichas latitudes. Igualmente las zonas urbanas están representadas por edificaciones de tipo centroeuropeo.</p> <p>Al sur, el Reino de Sahrani (KSS), que simula un entorno tropical y desértico con bosques de palmeras, playas arenosas, dunas y áreas urbanas típicamente mediterráneas, así como una área montañosa similar a las de Afganistán.</p> <p>El terreno dispone de una red de carreteras, aeropuertos, instalaciones portuarias, infraestructuras de tipo militar y distintos tipos de zonas urbanas y rurales que ofrecen una gran gama de entornos para la planificación de operaciones, ejercicios y simulacros.</p>	

Anexo D: Modelo del Terreno de Centro de Adiestramiento “San Gregorio” (Zaragoza).

TERRENO	CMT_San_Gregorio_70Km	IMAGENES
TIPO	Geoespecífico	
ZONA GEO	Zaragoza	
SUPERFICIE	70 x 70 Km	
REALISMO	Medio	
ORIGEN	INTA	
FECHA	20-05-2017	
OBSERVACIONES	<p>El terreno representado corresponde a un cuadrado de unos 70 km de lado (4.900 km²) de una zona que comprende parte de las provincias de Zaragoza y Navarra, así como el CMT de San Gregorio.</p> <p>El escenario ofrece una red de carreteras, puentes y edificios procedurales (construcciones que se representan en 3D con texturas tipo). Así mismo dispone de un área de 5 x 5km, cuyo centro aproximado es la zona de Combate en población de Casas Altas, modelada en alta resolución correspondiéndose sus texturas con las específicas de las construcciones reales.</p>	

Anexo E: Costes de transporte hasta SIMACA.

Se explica aquí de manera detallada como se ha calculado el coste total de combustible que implica que todos los GACA,s asistan, al menos una vez, al SIMACA de Segovia.

Para ello, se ha tomado la distancia desde cada una de las bases hasta la Academia de Artillería de Segovia donde se encuentra el SIMACA. A continuación, se calcula los litros consumidos. Para ello, se toma el valor de que un autobús de entre 30-60 plazas tiene un consumo medio de 35,3 litros cada 100 km. Este dato ha sido calculado de manera experimental a partir del viaje realizado por el GACA VII entre la base General Morillo y la Academia de Artillería a fecha de 23/09/19. En dicho viaje viajaron un total de 42 personas.

A partir de este valor, se calcula el precio total del viaje (un total de 4 viajes ya que se realiza ida/vuelta y los conductores vuelven a su unidad de origen durante las maniobras). Para ello, los litros consumidos son multiplicados por el precio de la gasolina. Este último precio es un precio que fluctúa cada día, tomándose 1,5€ por litro como valor a la hora de realizar los cálculos.

Además, para el caso particular de Ceuta, Melilla y Tenerife, se tiene en cuenta el gasto de transporte hasta la península, siendo 20€ el precio del Ferry y 130€ el del avión, y su posterior recorrido en autobús hasta Segovia. Por último, el autobús solo realizará ida y vuelta, permaneciendo en Segovia durante las maniobras.

Finalmente se obtiene que la visita de todos los GACA,s al SIMACA supone un coste total para el ET de **18.133,23€**. Todo ello queda reflejado de manera simplificada en la siguiente tabla:

GACA	Lugar	Base militar	Distancia hasta Segovia (km)	Consumo medio de un autobús.	Litros Consumidos	Precio gasolina	Precio Total 4 viajes.
GACA I/11	Burgos	Cid Campeador	210	35 Litros / 100 Km	74,13	1,5 €/L	444,78
GACA II/11	León	Conde De Gazola	279		98,49		590,94
GACA I/20	Zaragoza	San Jorge	415		146,5		879
GACA X	Córdoba	Cerro Muriano	498		175,79		1054,74
GACA XI	Badajoz	General Menacho	375		132,38		794,28
GACA XII	Madrid	El Goloso	98		34,59		207,54
GACALEG II	Almería	Alvarez de Sotomayor	626		220,98		1325,88
GACAPAC VI	Madrid	Príncipe	119		42,01		252,06
GACA VII	Pontevedra	General Morillo	553		195,21		1171,26
GALCA I/63	Astorga	Santocildes	269		94,96		569,76
GACA	Lugar	Ferry (€/PAX)	PAX	Algeciras/ Segovia	Litros consumidos	Precio gasolina	Precio Total (ida/vuelta)
GACA I/30	Ceuta	20	35	725	255,93	1,5 €/L	2167,79
GACA	Lugar	Ferry (€/PAX)	PAX	Málaga/ Segovia	Litros consumidos	Precio gasolina	Precio Total (ida/vuelta)
GACA I/32	Melilla	20	35	627	221,33	1,5 €/L	2063,99
GACA	Lugar	Avión (€/PAX)	PAX	Madrid/ Segovia	Litros consumidos	Precio gasolina	Precio Total (ida/vuelta)
GACA I/93	Tenerife	130	25	105	37,07	1,5 €/L	6611,21
						TOTAL (€)	18133,23

Anexo F: Costes de dietas en el SIMACA.

Se muestra aquí el coste total de las dietas para un GACA durante unas maniobras en el SIMACA. Para ello, se ha supuesto que asisten un total de 62 personas y la duración de las maniobras es de 4,5 días. Por tanto, diferenciando los diferentes grupos según sus empleos, se obtiene que el coste total en dietas es de **8.821,76€**, para un solo GACA. En el Anexo I se muestra el desglose completo del cuadrante de valores de dietas, plus e IRE en territorio nacional.

	Generales (Grupo 1).		Coronel a Sargento (Grupo 2).		MPTM (Grupo 3).	
Dietas	Manutención.		Manutención.		Manutención.	
	53,34 €		37,40 €		28,21 €	
	nº pax	nº días	nº pax	nº días	nº pax	nº días
	0	4,5	23	4,5	39	4,5
Totales por Grupos (€)	0,00		3.870,90		4950,86	
					TOTAL (€)	8.821,76

Siguiendo el mismo proceso se calcula el coste por dietas para los casos particulares de Ceuta, Melilla y Tenerife.

1. Ceuta y Melilla:

	Generales (Grupo 1).		Coronel a Sargento (Grupo 2).		MPTM (Grupo 3).	
Dietas	Manutención.		Manutención.		Manutención.	
	53,34 €		37,40 €		28,21 €	
	nº pax	nº días	nº pax	nº días	nº pax	nº días
	0	4,5	16	4,5	19	4,5
Totales por Grupos (€)	0,00		2.692,80		2.411,96 €	
					TOTAL (€)	5.104,76

2. Tenerife:

	Generales (Grupo 1).		Coronel a Sargento (Grupo 2).		MPTM (Grupo 3).	
Dietas	Manutención.		Manutención.		Manutención.	
	53,34 €		37,40 €		28,21 €	
	nº pax	nº días	nº pax	nº días	nº pax	nº días
	0	4,5	12	4,5	13	4,5
Totales por Grupos (€)	0,00		2.019,60		1.650,29 €	
					TOTAL (€)	3.669,89

De esta manera, se procede a calcular el coste total en dietas que le supone al ejército que acudan todos los GACA,s, al menos una vez al año al SIMCA.

Para ello se multiplica el coste de un GACA,s sin particularidades por 10 (GACA,s totaltes) y se le suman los gastos de los casos particulares de Ceuta, Melilla y Tenerife. Esto es: $[(8821,76*10)+(5104,76*2)+3669,89]$.

Así pues, se obtiene un coste total de **102.097,01€**.

Anexo G: Costes de transporte en maniobras tipo ALFA.

Se calculan aquí los gastos de combustible para unas maniobras realizadas por el GACA VII en las que es necesario un total de 50 vehículos. Se tiene en cuenta el trayecto ida/vuelta desde la base hasta el campo de maniobras.

Además, se estima que sean necesarios repostar un total de 23.000 litros, a distribuir entre todos los vehículos durante las maniobras, para realizar los movimientos tácticos durante las actividades que sean necesarias desempeñar. De esta manera se obtiene un gasto total en combustible de **74.735,52€**.

En la siguiente tabla se desglosa el cálculo de dicho coste, atendiendo a los diferentes tipos de vehículos y su consumo.

DENOMINACIÓN VEHÍCULOS	NUMERO VH.	CONSUMO (L/100KM)	KM,S.	TOTAL L.	PRECIO € / L.	TOTAL (IDA/VUELTA) €
CNLTT 1TM SANTANA ANIBAL T LONA	20	15	832	2496	1,5	7488
CNLTT 1,5TM AMBULANCIA IVECO 40.10 WM	2	16	832	266,24	1,5	798,72
CNLTT 2TM URO MAT 18.16.13S	8	30	832	1996,8	1,5	5990,4
CNLTT 1,5TM MERCURIO 2000 URO VAMTAC	2	25	832	416	1,5	1248
CNPTT 10TM IVECO M250.40W A/OBUS 155/52	8	90	832	5990,4	1,5	17971,2
CNLTT 1,5TM URO VAMTAC SAMB MISTRAL	8	25	832	1664	1,5	4992
AUTOBÚS 40-60 PLAZAS.	2	35	832	582,4	1,5	1747,2
TOTAL VIAJE IDA/REGRESO	50	TOTAL L.		13411,84	TOTAL €	40235,52
		LITROS PARA MOVIMIENTOS TÁCTICOS			PRECIO €/L	TOTAL (€)
		23000			1,5	34500
					TOTAL (€)	74735,52

Anexo H: Coste de dietas en maniobras tipo ALFA.

Se calculan aquí los costes asociados a dietas. En primer lugar, se muestran los gastos asociados a un total de 135 personas durante 10,5 días, obteniendo un total de **44.233,46€** (dentro de los créditos reflejados en la Tabla 2, punto 4.1).

	Generales (Grupo 1).		Coronel a Sargento (Grupo 2).		MPTM (Grupo 3).	
Diетas	Manutención.		Manutención.		Manutención.	
	53,34 €		37,40 €		28,21 €	
	nº pax	nº días	nº pax	nº días	nº pax	nº días
	0	4,5	44	10,5	91	10,5
Totales por Grupos (€)	0,00		17.278,80		26.954,66 €	
					TOTAL (€)	44.233,46

En segundo lugar, se realiza el mismo cálculo, pero para 4,5 días. De esta manera se puede comparar con los costes de unas maniobras en SIMACA de menor duración. Se obtiene un total de **18.957,20€**. Este valor será siempre mayor al de unas maniobras en el SIMACA, debido a que el número total de personas en unas maniobras ALFA será también mayor.

	Generales (Grupo 1).		Coronel a Sargento (Grupo 2).		MPTM (Grupo 3).	
Diетas	Manutención.		Manutención.		Manutención.	
	53,34 €		37,40 €		28,21 €	
	nº pax	nº días	nº pax	nº días	nº pax	nº días
	0	4,5	44	4,5	91	4,5
Totales por Grupos (€)	0,00		7.405,20		11.552,00 €	
					TOTAL (€)	18.957,20

No obstante, unas maniobras de tipo ALFA en San Gregorio nunca tendrán una duración de 4,5 días. Por lo tanto, se toma el valor calculado en la primera tabla para hacer el cálculo total de costes en maniobras tipo ALFA.

Anexo I: Cuadrante de valores de Dietas, Plus e IRE en territorio nacional.

	GENERALES (GRUPO 1)			CORONEL A SARGENTO (GRUPO 2)			TROPA PERMANENTE/ MPTM (GRUPO 3)		
	nºpax	nºdías		nºpax	nºdías		nºpax	nºdías	
DIETA COMPLETA			alojamiento 53,34 €		manutención 102,56 €	dieta completa 155,90 €			alojamiento 37,40 €
			alojamiento 65,97 €		manutención 103,37 €	dieta completa 48,92 €			alojamiento 28,21 €
1/2 MANUTENCION			26,67 €			18,70 €			14,11 €
PLUS ejercicio 80%			42,67 €			29,92 €			22,57 €
PLUS sin pernoctar 40%			21,34 €			14,96 €			11,28 €
IRE 80%			124,72 €			82,70 €			61,70 €
IRE 65%			101,34 €			67,19 €			50,13 €
IRE 55%			85,75 €			56,85 €			42,42 €
IRE 35%			54,57 €			36,18 €			27,00 €
IRE 17% (Dto. Grove)			26,50 €			17,57 €			13,11 €

Estas cuantías han sido extraídas con arreglo a lo dispuesto en la resolución de 02 de enero BOD. N° 7 de enero de 2003.

Los grupos de clasificación vienen definidos por lo dispuesto en la resolución 3/1996 de 04 de enero de 1996 BOD N° 6 de enero de 1996.

Este cuadrante de valores para las dietas, plus e IRE en territorio nacional según BOE. de fecha 24 de enero de 2001.

Anexo J: Previsión Calendario Anual Ejercicios tipo ALFA/JIC GACA VII.

A continuación, se muestra la previsión según el calendario anual de ejercicios, tanto ALFA como Jornadas de Instrucción Continuada (JIC) que debe realizar el GACA VII durante el año 2019.

Tipo de Ejercicio / Mes	ALFA	JIC
Enero	0	0
Febrero	6	0
Marzo	0	6
Abril	0	6
Mayo	0	6
Junio	0	6
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	6
Octubre	0	6
Noviembre	0	6
Diciembre	6	0
TOTAL	12	42

El número hace referencia a los ejercicios de entidad Batería previsto realizar.

Anexo K: Análisis cualitativo de riesgos.

Análisis de riesgos.									
ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida	
1	Uso inadecuado de los medios.	Falta de instrucción con medios de simulación.	M	1	1M	Possible deterioro o ruptura del material.	Previa instrucción a través de sesiones teóricas con recomendaciones de uso.	1L	
2	Malversación de los medios.	Debido al alto coste de alguno de los medios, posibles robos y hurtos para posterior venta.	H	1	1H	Imposibilidad de continuar con la programación de actividades y un aumento elevado en los sobrecostes.	Implementación de mejores medidas de seguridad (registro de entrada/salidas, cámaras de vigilancia, sesiones de concienciación..)	1M	
3	Incompatibilidad de horarios de las unidades para asistir al SIMACA como órgano central.	Mala planificación de cronograma.	M	2	2M	Retraso en la instrucción de dichas unidades.	SIMACA debe avisar con suficiente antelación (3 meses).	1L	
4	Sobrecostes.	Mala planificación en costes.	H	2	2H	Possible cancelación en las actividades de instrucción por la superación del presupuesto previsto.	Aumento de la reserva de contingencia (10%).	1M	
5	Dificultad a la hora de unificar el motor gráfico (VBS) con la inteligencia artificial (Tecnobit).	Mercado reducido/ Desconocimiento de herramientas idóneas.	M	2	2M	Dificultad de que Tecnobit no se adapte a los requisitos de un simulador específico de Artillería.	Relizar estudio de mercado de ámbito internacional/ Contratar empresas de investigación para el desarrollo de un producto propio.	2L	
6	Mala adaptación al uso de los simuladores por falta de instrucción.	El personal militar no tiene la oportunidad suficiente de instruirse con este tipo de medios.	M	1	1M	Las unidades son reacias al uso de estos medios debido a opiniones desfavorables sobre el uso de simuladores.	Concienciación a las unidades de que los simuladores son grandes herramientas para completar la instrucción de su personal.	1L	
7	Fallos del sistema.	Errores que no permiten el correcto funcionamiento de los medios (tanto hardware como software).	H	2	2H	Retraso a la hora de comenzar las actividades e incluso poder llegar a cancelarse.	Aumentar en personal civil de ingenieros que puedan realizar un mantenimiento preventivo diario para reducir la posibilidad de aparición de fallos.	1H	
8	Rápido desarrollo de nuevas versiones y sistemas.	La rápida evolución tecnológica supone nuevas versiones y licencias que el Ejército no puede adquirir en un tiempo tan reducido.	L	3	3L	Imposibilidad de usar las versiones más modernas, perdiendo así, nuevas posibilidades y recursos.	Imprescindir de ciertas versiones que no se consideren estrictamente necesarias y esperar a versiones que realmente aporten una mejora sustancial.	2L	
9	Evaluación subjetiva.	El evaluador final evalúa subjetivamente según el tipo de unidad, personal o manera de trabajar.	H	1	1H	Resultados obtenidos no válidos.	Confianza en la profesionalidad del evaluador/ Aplicación de sanciones en caso de detectarlo.	1H	
10	Base de datos incompleta.	La base de datos recoge datos cuantitativos y preciosos. No obstante, no recoge otros datos que se puedan considerar necesarios para una evaluación completa.	M	1	1M	Evaluación incompleta.	El evaluador debe estar presente durante los ejercicios para valorar aspectos no cuantitativos.	1M	
11	Mal uso de la base de datos.	Apropiación indebida del usuario y contraseña de acceso a la base de datos.	H	2	2H	Fraude o modificación sobre los datos almacenados.	Implementación de mejoras de seguridad / Valor los usuarios que se consideran necesarios de poseer acceso a la base de datos.	1H	
12	Negativa de ciertas unidades a realizar un ejercicio.	Algunas unidades son reacias a realizar un ejercicio debido ya que considera que no son eficientes para la instrucción de su unidad.	H	1	1H	Imposibilidad de comprar el rendimiento de varias unidades.	Ajustar el tipo de ejercicio y objetivos a alcanzar para todo tipo de unidades y medios.	1M	

Anexo L: Asociación de riesgos con sus clases.

En este análisis cualitativo se tomará como referencia la siguiente tabla, en la que se explica cómo se asocia cada riesgo a su clase correspondiente. En esta tabla se tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia y que impacto tiene sobre la implementación y el uso de los simuladores.

Por consiguiente, la combinación de estos dos parámetros (probabilidad y ocurrencia) se clasifican cada uno de los riesgos según su clase, desde (1) considerado como riesgo bajo hasta (4) considerado como riesgo crítico.

Probabilidad	3	3L	3M	3H	Impacto	Clase de riesgo
	2	2L	2M	2H		
	1	1L	2H	1H		
	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)			
	Impacto				Clase de riesgo	

Anexo M: Medidas de seguridad en los simuladores.

En este anexo se incluyen las medidas de seguridad general que deben aplicarse para el correcto funcionamiento y empleo de los simuladores.

- Prohibido instalar fuentes de calor sin autorización previa.
- Prohibido sobrecargar los enchufes.
- Prohibido fumar en el interior de todas las habitaciones del simulador.
- Conozca las vías de evacuación y las salidas del lugar donde se encuentra.
- Conozca sus cometidos si forma parte de los Equipos de Alarma y Evacuación.
- Conozca la situación de los medios de extinción del lugar donde se encuentra.
- Conozca el uso correcto de los medios de extinción.
- Conozca la situación del Punto de Reunión para los casos de evacuación.
- Apague al finalizar la jornada de trabajo los equipos eléctricos y la iluminación de su dependencia.
- Mantenga limpio y ordenado su puesto de trabajo.
- Informe de las anomalías/ averías que detecte en las Instalaciones.
- Mantenga las vías de evacuación libres de obstáculos.

Anexo N: Script SQL de la base de datos implementada.

```
SET @OLD_UNIQUE_CHECKS=@@UNIQUE_CHECKS,
UNIQUE_CHECKS=0;
SET @OLD_FOREIGN_KEY_CHECKS=@@FOREIGN_KEY_CHECKS,
FOREIGN_KEY_CHECKS=0;
SET @OLD_SQL_MODE=@@SQL_MODE,
SQL_MODE='TRADITIONAL,ALLOW_INVALID_DATES';

-----
-- Schema mydb
-----

CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS `mydb` DEFAULT CHARACTER SET utf8
;
USE `mydb` ;

-----
-- Table `mydb`.`Ejercicio`
-----

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`Ejercicio` (
`idEjercicio` INT NOT NULL,
`FechaCreacion` DATE NULL,
`Fecha_Inicio` DATE NULL,
`Fecha_Fin` DATE NULL,
`Unidad_Creacion` VARCHAR(45) NULL,
`Proyectiles_Rompedores_Consumidos` INT NULL,
`Proyectiles_Fumigenos_Consumidos` INT NULL,
`Proyectiles_Iluminantes_Consumidos` INT NULL,
`Efectos_Conseguidos` VARCHAR(45) NULL,
`Proposito` LONGTEXT NULL,
`Escenario` VARCHAR(45) NULL,
`Observaciones` LONGTEXT NULL,
PRIMARY KEY (`idEjercicio`),
ENGINE = InnoDB;

-----
-- Table `mydb`.`Unidad`
-----

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`Unidad` (
`idUnidad` VARCHAR(45) NOT NULL,
`Localidad` VARCHAR(45) NULL,
`Brigada_Apoyada` VARCHAR(45) NULL,
`Personal_ejercicio` INT NULL,
PRIMARY KEY (`idUnidad`))
```

```
ENGINE = InnoDB;
```

```
-- Table `mydb`.`OAV`
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`OAV` (
  `Indicativo_OAV` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `Coordenadas_X` VARCHAR(45) NULL,
  `Coordenadas_Y` VARCHAR(45) NULL,
  `Medio_empleado` VARCHAR(45) NULL,
  `Unidad_idUnidad` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`Indicativo_OAV`),
  INDEX `fk_OAV_Unidad1_idx` (`Unidad_idUnidad` ASC),
  CONSTRAINT `fk_OAV_Unidad1`
    FOREIGN KEY (`Unidad_idUnidad`)
    REFERENCES `mydb`.`Unidad` (`idUnidad`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB;
```

```
-- Table `mydb`.`ObservadoresDelEjercicio`
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`ObservadoresDelEjercicio` (
  `Ejercicio_idEjercicio` INT NOT NULL,
  `OAV_Indicativo_OAV` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`Ejercicio_idEjercicio`, `OAV_Indicativo_OAV`),
  INDEX `fk_Ejercicio_has_OAV_OAV1_idx` (`OAV_Indicativo_OAV` ASC),
  INDEX `fk_Ejercicio_has_OAV_Ejercicio1_idx` (`Ejercicio_idEjercicio` ASC),
  CONSTRAINT `fk_Ejercicio_has_OAV_Ejercicio1`
    FOREIGN KEY (`Ejercicio_idEjercicio`)
    REFERENCES `mydb`.`Ejercicio` (`idEjercicio`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_Ejercicio_has_OAV_OAV1`
    FOREIGN KEY (`OAV_Indicativo_OAV`)
    REFERENCES `mydb`.`OAV` (`Indicativo_OAV`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB;
```

```
-- Table `mydb`.`Objetivos`
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`Objetivos` (
  `numero_Objetivo` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `Tipo` VARCHAR(45) NULL,
  `Tiempo_Levantamiento` INT NULL,
  `Tiempo_Respuesta` INT NULL,
  `Tiempo_Adquisicion` INT NULL,
  `Coordenadas_X` VARCHAR(45) NULL,
  `Coordenadas_Y` VARCHAR(45) NULL,
  PRIMARY KEY (`numero_Objetivo`)
) ENGINE = InnoDB;
```

```
-- -----  
-- Table `mydb`.`ObjetivosDesignadosPorOAV`  
-----
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`ObjetivosDesignadosPorOAV` (
  `OAV_Indicativo_OAV` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `Objetivos_numero_Objetivo` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`OAV_Indicativo_OAV`, `Objetivos_numero_Objetivo`),
  INDEX `fk_OAV_has_Ojetivos_Ojetivos1_idx`(`Objetivos_numero_Objetivo` ASC),
  INDEX `fk_OAV_has_Ojetivos_OAV1_idx`(`OAV_Indicativo_OAV` ASC),
  CONSTRAINT `fk_OAV_has_Ojetivos_OAV1`
    FOREIGN KEY (`OAV_Indicativo_OAV`)
    REFERENCES `mydb`.`OAV` (`Indicativo_OAV`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_OAV_has_Ojetivos_Ojetivos1`
    FOREIGN KEY (`Objetivos_numero_Objetivo`)
    REFERENCES `mydb`.`Objetivos` (`numero_Objetivo`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB;
```

```
-- -----  
-- Table `mydb`.`EjercicioSegunUnidad`  
-----
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `mydb`.`EjercicioSegunUnidad` (
  `Ejercicio_idEjercicio` INT NOT NULL,
  `Unidad_idUnidad` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`Ejercicio_idEjercicio`, `Unidad_idUnidad`),
  INDEX `fk_Ejercicio_has_Unidad_Unidad1_idx`(`Unidad_idUnidad` ASC),
  INDEX `fk_Ejercicio_has_Unidad_Ejercicio1_idx`(`Ejercicio_idEjercicio` ASC),
  CONSTRAINT `fk_Ejercicio_has_Unidad_Ejercicio1`
    FOREIGN KEY (`Ejercicio_idEjercicio`)
```

```
REFERENCES `mydb`.`Ejercicio` (`idEjercicio`)
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION,
CONSTRAINT `fk_Ejercicio_has_Unidad_Unidad1`
FOREIGN KEY (`Unidad_idUnidad`)
REFERENCES `mydb`.`Unidad` (`idUnidad`)
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB;
```

```
SET SQL_MODE=@OLD_SQL_MODE;
SET FOREIGN_KEY_CHECKS=@OLD_FOREIGN_KEY_CHECKS;
SET UNIQUE_CHECKS=@OLD_UNIQUE_CHECKS;
```

Anexo N: Modelo lógico de la base de datos.

El modelo relacional construido en base al modelo ER (entidad - relación) tiene la siguiente estructura:

- En torno a la entidad **ejercicio**, la cual tiene los atributos: fecha de creación, fecha de inicio, fecha de finalización, unidad que lo crea, proyectiles consumidos (rompedores, fumígenos, e iluminantes), efectos conseguidos, propósito del ejercicio, escenario y observaciones; se relacionan las entidades:
 - **Unidad**, con relación (n:m). Con los atributos de localidad, brigada a la que apoya y personal implicado en el ejercicio. De esta relación surge la entidad EjercicioSegunUnidad.
 - ❖ La entidad Unidad está también relacionada con la entidad OAV con relación (n:1). Esta relación muestra como un OAV pertenece a una sola unidad y esta puede tener varios OAV,s.
 - **OAV**, con relación (n:m). Con los atributos de indicativo, coordenadas (en X e Y) y el medio empleado. De esta relación surge la entidad ObservadoresDelEjercicio.
 - ❖ Además, la entidad OAV está relacionada con Objetivos con relación (n:m). De esta relación surge la entidad ObjetivosDesignadosPorOAV.
 - **Objetivos** con relación (n:m). Con los atributos de número de objetivo, tipo, tiempo de levantamiento, tiempo de respuesta, tiempo de adquisición y coordenadas (En X e Y). De esta relación surge la entidad ObjetivosDelEjercicio.

De los atributos descritos anteriormente, dentro de las diversas entidades, podemos encontrar varias restricciones de integridad de diversos tipos, entre ellas:

- ❖ En todas las entidades podemos observar la restricción de clave ya que todas las entidades cuentan con al menos una clave primaria.
- ❖ Existe la restricción de integridad referencial en el atributo Unidad_idUnidad de la entidad OAV y en cada uno de los atributos de las entidades asociativas, ya que son claves externas.

Anexo O: Consultas SQL.

A continuación, se muestran diferentes ejemplos sobre consultas que se pueden realizar en la base de datos implementada. Los datos recogidos en estos ejemplos son datos inventados acorde a los atributos de cada una de las entidades.

-Consulta 1.

Se quiere conocer los objetivos que han sido levantados con el Vector y que estén ordenados de menor a mayor tiempo de respuesta con los que han sido batidos. Además, se quiere conocer por que OAV han sido adquiridos dichos objetivos, a que unidad pertenecen y en que coordenadas se encuentras los objetivos.

```

1  select mydb.objetivos.numero_Ojetivo, mydb.oav.Indicativo_OAV, mydb.oav.Unidad_idUnidad, mydb.objetivo
2   from mydb.objetivos, mydb.objetivosdesignadosporoav, mydb.oav
3   where (mydb.objetivos.numero_Ojetivo = mydb.objetivosdesignadosporoav.Objetivos_numero_Ojetivo)
4     and (mydb.objetivosdesignadosporoav.OAV_Indicativo_OAV = mydb.oav.Indicativo_OAV)
5     and (mydb.oav.Medio_empleado = 'Vector')
6   order by (mydb.objetivos.Tiempo_Respuesta);

```

numero_Ojetivo	Indicativo_OAV	Unidad_idUnidad	Coordenadas_X	Coordenadas_Y
MA-1002	Toro	GACALEG II	664955	4639057
TZ-1028	AR1	GACAPAC	669434	4642769
SC-2002	O1	GACAVII	660678	4635398
SC-2009	O4	GACAVII	661122	4634356
SC-1000	O1	GACAVII	660334	4634050
SC-1008	O1	GACAVII	661122	4635561
TZ-1022	AR1	GACAPAC	669402	4643737
SC-1018	O4	GACAVII	660535	4635477
MA-1001	Toro	GACALEG II	665029	4640083
SC-1023	O4	GACAVII	660144	4633145

-Consulta 2:

Se quiere conocer el número de veces que se han realizado ejercicios creados por la ACART. Estos ejercicios pueden estar llevado a cabo por todos los GACA,s y tantas veces como se considere necesario.

```

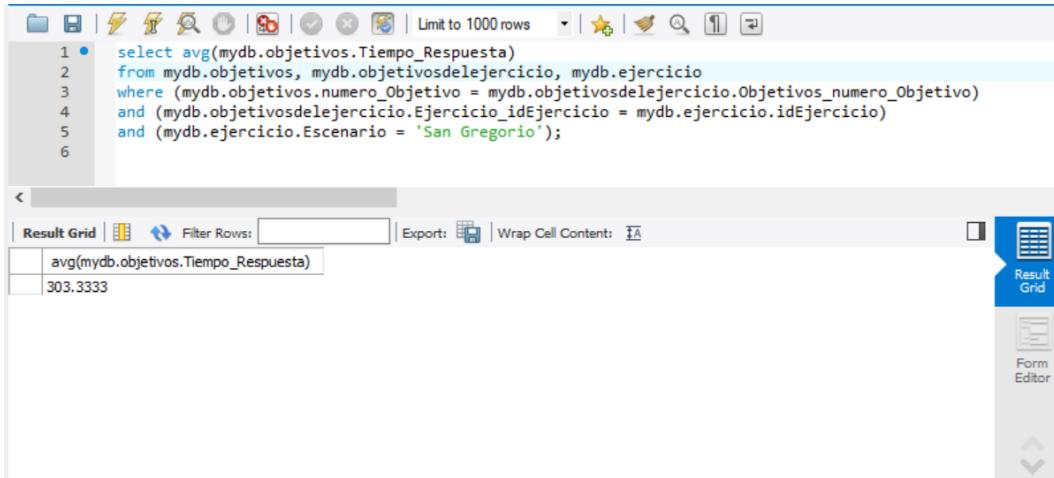
1  select mydb.ejercicio.Unidad_Creacion, count(*) as NumeroDeEjercicios
2   from mydb.unidad, mydb.ejercicio, mydb.ejerciciosegununidad
3   where (mydb.ejercicio.idEjercicio = mydb.ejerciciosegununidad.Ejercicio_idEjercicio)
4     and (mydb.ejerciciosegununidad.Unidad_idUnidad = mydb.unidad.idUnidad)
5   group by (mydb.ejercicio.Unidad_Creacion)
6   having (mydb.ejercicio.Unidad_Creacion = 'ACART');

```

Unidad_Creacion	NumeroDeEjercicios
ACART	12

-Consulta 3:

Se quiere conocer el tiempo medio de respuesta con el que han sido batidos todos los objetivos en el escenario de San Gregorio.



The screenshot shows a database interface with a query editor and a results grid. The query is:

```
1 • select avg(mydb.objetivos.Tiempo_Respuesta)
2   from mydb.objetivos, mydb.objetivosdelejercicio, mydb.ejercicio
3   where (mydb.objetivos.numero_Ojetivo = mydb.objetivosdelejercicio.Objetivos_numero_Ojetivo)
4     and (mydb.objetivosdelejercicio.Ejercicio_idEjercicio = mydb.ejercicio.idEjercicio)
5     and (mydb.ejercicio.Escenario = 'San Gregorio');
6
```

The results grid shows one row of data:

avg(mydb.objetivos.Tiempo_Respuesta)
303.3333

On the right side of the interface, there is a sidebar with icons for 'Result Grid' (selected) and 'Form Editor'.