



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# **ESTUDIO PARA LA ADQUISICIÓN DE UN SISTEMA DE DUELO LÁSER PARA EL VEHÍCULO DE RECONOCIMIENTO Y COMBATE DE CABALLERÍA CENTAURO**

Autor

**CAC Enrique Barranco Del Fresno**

Director/es

Director Académico: Dr. Daniel Casanova Ortega

Director Militar: Cap. José Juan León Calero

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2018



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer la colaboración prestada por el Grupo de Caballería 'Reyes Católicos' II de la Legión, más concretamente al Primer Escuadrón Ligero Acorazado.

Querría agradecer la ayuda prestada por el Capitán de este escuadrón, el Cap. D. José Juan León Calero, mi tutor militar de este trabajo, por facilitarme la documentación necesaria para hacer este proyecto y orientarme durante la realización de las prácticas.

También dar las gracias al Dr. Daniel Casanova Ortega, que estuvo corrigiendo y marcando las pautas de trabajo desde el primer momento, parte fundamental durante el desarrollo del trabajo.

A mi hermano, por aguantarme durante tantos años.

A mi pareja, Mónica, por apoyarme durante estos primeros años de forma incondicional y con infinita paciencia.

A mi madre, por estar ahí siempre para cualquier cosa, no sólo este trabajo.

A mi padre, donde quiera que esté. Este trabajo es para ti.

## ABSTRACT

This study seeks to develop a laser duel system intended to train the crew of the VRCC (reconnaissance and combat cavalry vehicle) 'Centauro' that will allow for use during exercises that imply shooting these armored vehicles.

After identifying the problems and necessities related to the training exercises that imply the use of the shooting systems of the VRCC 'Centauro', the conditions that this project must be fulfill are established. A market survey for this product and a qualitative analysis are also going to be carried out in order to determine which product best suits our needs. Then, a decision will be taken about the chosen product and the requirements to adapt this system to the vehicle will be established.

Simultaneously, a series of annexes are going to be developed in order to delve into particular subjects related to the DSS, which will facilitate comprehension. These annexes will refer to the system's components, its distribution, the requirements that it must fulfill and the organization of the Cavalry branch in order to establish the number of simulators required.

The main method to develop this project is based on the use of different tools and drawing conclusions from each of them. First, the research provides a general overview of the 'Centauro' and the needs related to its instruction. Then, the text provides a specific explanation of the performance of a DSS, to acquaint the reader with those systems. Secondly, a series of analyses about the viability of the project are developed, studying possible problems (economically, socially and technically) in the future of the system.

The next step is to determine the kind of groups that could be interested in the research. This classification establishes the level of interest and power that a group could show and the level of collaboration and attention that the developers must show towards these groups. The next point seeks to decide which option is economically and technically ideal. It is composed of two analyses that show the pros and cons of carrying out the project inside the Army or developing the DSS through an external enterprise.

The study continues with an exploration of the current international situation in some armies about the use of DSS's. It investigates the origins of the DSS's and the evolution of those systems. This section ends with a compilation of mutual characteristics that all the studied systems have, trying to establish the necessary requirements for the future DSS of the Centauro. The basic requirements are presented in the following section, which explains why those characteristics are the basis of the DSS. Moreover, this section has been used to develop all the other necessities in an appendix.

The economic research of the project tries to determine a budget on the basis of the costs of two previous DSS. It uses a series of governmental economic awardings to companies in recent years to set the limits of acquisitions and maintenance. The next section is an analysis of the most serious problems that could affect the DSS before, during, and after its development. It includes a series of preventive actions to secure the correct functioning of the system.

Finally, the last section of this project is a conclusion that summarizes the main ideas that have come up during the study of the DSS. It ends with a list of possible future investigations and products that could make the DSS more complete in the Army.

After that, four appendices have been developed to improve the comprehension and deepen the information about the DSS that this project includes. They comprise a large series of data related to the organization of the Cavalry branch, the components and distribution of the DSS and the requirements of the system.

## **RESUMEN**

El siguiente estudio pretende definir un sistema de duelo láser para entrenamiento de tripulaciones embarcadas en el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería (VRCC) Centauro del Ejército de Tierra (ET) que permita su empleo en ejercicios que impliquen el tiro con los vehículos.

A partir de la detección de problemas y necesidades presentes en la instrucción y adiestramiento referentes a ejercicios que incluyan el uso de los sistemas de tiro del VRCC Centauro se van a establecer las condiciones a cumplir por el objeto de este estudio. También se va a realizar un estudio del mercado actual de este producto seguido de un análisis cualitativo para determinar cuál se adapta de forma óptima a nuestras necesidades. Posteriormente se tomará una decisión respecto al sistema elegido y se marcarán las medidas requeridas para adaptar al vehículo en cuestión.

De forma paralela al desarrollo del estudio se va a desarrollar una serie de anexos para profundizar en temas puntuales relativos a los DSS necesarios para su comprensión. Estos anexos estarán referidos a los componentes del sistema, su distribución, los requisitos que debe cumplir y la organización del Arma de Caballería para determinar el número de simuladores necesarios.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
ABSTRACT.....	II
RESUMEN.....	III
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE SIGLAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABLAS.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	3
3. FUNCIONAMIENTO DE UN DSS.....	3
3.1 Proceso de fuego real y simulado.....	4
3.2 Evaluación de daños.....	5
3.3 Análisis del ejercicio.....	6
4. ANÁLISIS DE VIABILIDAD.....	6
4.1 Viabilidad Técnica.....	6
4.2 Viabilidad Económica.....	7
4.3 Viabilidad Social.....	7
5. ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS.....	8
6. MAKE OR BUY.....	9
6.1 DAFO sobre adquisición a una empresa externa.....	10
6.2 DAFO sobre desarrollo interno FAS.....	10
7. ACTUALIDAD INTERNACIONAL Y DISCUSIÓN.....	11
7.1 Multiple Integrated Laser Engagement System (MILES – Sistema Integrado Múltiple de Enfrentamiento Láser).....	11
7.2 Simulador de Combate Individual.....	13
7.3 Simulador de Duelos de Carros de Combate.....	13
7.4 <i>Ausbildungsgerät Duellsimulator</i> (AGDUS – Dispositivo de Entrenamiento Simulador de Duelo).....	14
7.5 Discusión.....	15
8. REQUISITOS TÉCNICOS DEL DSS.....	16
9. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO.....	17
10. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	19
11. CONCLUSIONES.....	24
Anexo A.....	27
Anexo B.....	30

1.	Equipo Embarcado (EQE) .....	32
1.1	Unidad Detectora Láser (LDU – <i>Laser Detector Unit</i> ) .....	32
1.2	Unidad Transmisora Láser (LTU – <i>Laser Transmitter Unit</i> ) .....	32
1.3	Unidad de Control (CU – <i>Control Unit</i> ).....	33
1.4	Unidad de Cargador (LU – <i>Loader Unit</i> ) .....	33
1.5	Unidad de Potencia y Control (PCU – <i>Power Control Unit</i> ).....	33
1.6	Módulo Visualizador de Trayectoria ( <i>TBU – Trace Burst Unit</i> ).....	34
1.7	Antena RF y GPS .....	34
1.8	Caja de Distribución (DBOX – <i>Distribution BOX</i> ) .....	34
1.9	Módulo Detector de Ocultamiento (HDU – <i>Hull Down Unit</i> ) .....	35
1.10	Otros Componentes.....	35
2.	Equipo de Apoyo (EQA).....	36
3.	Estación de Análisis (EA).....	36
4.	Estación de Seguimiento (ES) .....	37
Anexo C .....		38
1.	Requisitos generales de funcionamiento del sistema .....	39
2.	Requisitos del dispositivo individual.....	40
3.	Requisitos de los sistemas complementarios .....	42
4.	Requisitos logísticos y de mantenimiento .....	43
Anexo D .....		44
Bibliografía.....		47

## LISTA DE SIGLAS

**AGDUS:** *Ausbildungsgerät Duellsimulator*, Dispositivo de Entrenamiento Simulador de Duelo.

**BIT:** *Built-In Test*, Prueba Incorporada.

**BMS:** *Battlefield Management System*, Sistema de Gestión del Campo de Batalla.

**CAN:** *Controller Area Network*, Red de Área de Control.

**CC:** Carro de Combate.

**CENAD:** Centro Nacional de Adiestramiento.

**CMT:** Campo de Maniobras y Tiro.

**CU:** *Control Unit*, Unidad de Control.

**CUMA:** Cuadro de Mando.

**DAFO:** Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.

**DBOX:** *Distribution BOX*, Caja de Distribución.

**DGAM:** Dirección General de Armamento y Material.

**DGPS:** *Differential Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.

**DSS:** *Duel Simulation System*, Sistemas de Simulación de Duelo.

**EA:** Estación de Análisis.

**EAS:** Equipo de Análisis y Seguimiento.

**EQA:** Equipo de Apoyo.

**EQE:** Equipo Embarcado.  
**EQS:** Equipo de Simulación.  
**ES:** Estación de Seguimiento.  
**ESVA:** Entrenador de Sección de Vehículos Acorazados.  
**ET:** Ejército de Tierra.  
**FAS:** Fuerzas Armadas.  
**FCS:** *Fire Control System*, Sistema de Control de Fuego.  
**GPS:** *Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global.  
**HDU:** *Hull Down Unit*, Módulo Detector de Ocultamiento.  
**ID:** Identificación.  
**I-MILES CVTESS:** *Instrumentable Multiple Integrated Laser Engagement System Combat Vehicle Tactical Engagement Simulation System*.  
**JV:** Jefe de Vehículo.  
**KSI:** *Kill Status Indicator*, Indicador de Estado del Vehículo  
**LDU:** *Laser Detector Unit*, Unidad Detectora Láser.  
**LTU:** *Laser Transmitter Unit*, Unidad Transmisora Láser.  
**LU:** *Loader Unit*, Unidad de Cargador.  
**MADOC:** Mando de Adiestramiento y Doctrina.  
**MILES:** *Multiple Integrated Laser Engagement System*, Sistema Integrado Múltiple de Enfrentamiento Láser.  
**MPGS:** *MILES Precision Gunnery System*, Sistema de Tiro de Precisión MILES.  
**NOP:** Norma Operativa.  
**PA:** Pistola de Árbitro.  
**PCAP:** Pliego de Cláusulas Administrativas y de Prescripciones Técnicas.  
**PCU:** *Power Control Unit*, Unidad de Potencia y Control.  
**PPT:** Pliego de Prescripciones Técnicas.  
**RF:** Radiofrecuencia.  
**SIGLE:** Sistema de Gestión Logística del Ejército.  
**TBU:** *Trace Burst Unit*, Módulo Visualizador de Trayectoria.  
**TN:** Territorio Nacional.  
**USB:** *Universal System Bus.*, Bus Universal en Serie.  
**UVL:** Unidad Visual Láser.  
**VCI/C:** Vehículo de Combate de Infantería/Caballería.  
**VRCC:** Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería.  
**ZO:** Zona de Operaciones.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. VRCC Centauro</b> .....	1
<b>Figura 2. Funcionamiento Operativo de un DSS</b> .....	4
<b>Figura 3. Zonas de impacto VCI/C Pizarro</b> .....	5
<b>Figura 4. Zonas de impacto CC Leopard 2E</b> .....	5
<b>Figura 5. Soldados americanos usando el MILES en diferentes armas</b> .....	12
<b>Figura 6. Instalación del I-MILES VTESS en un vehículo ligero del U.S. Army</b> .....	12
<b>Figura 7. Soldado español usando el Simulador de Combate Individual</b> .....	13
<b>Figura 8. CC Leopard 2E utilizando el sistema de duelo láser</b> .....	14
<b>Figura 9. MILAN con AGDUS</b> .....	15
<b>Figura 10. Carro Leopard 2A 5 con AGDUS</b> .....	15
<b>Figura 11. Orgánica de la División Castillejos y RCLAC España 11</b> .....	29



Figura 12. Vehículos en un Grupo del RCLAC España 11.....	29
Figura 13. Vehículos en un Grupo de la División Castillejos .....	29
Figura 14. Organigrama de la estructura del DSS para el CC Leopard 2E.....	31
Figura 15. Arquitectura del DSS del VCI/C Pizarro .....	31
Figura 16. LDU, adaptador y soporte .....	32
Figura 17. LTU y montura CC Leopard 2E .....	32
Figura 18. LTU y montura VCI/C Pizarro .....	32
Figura 19. CU.....	33
Figura 20. LU .....	33
Figura 21. PCU .....	33
Figura 22. TBU.....	34
Figura 23. Antena RF/GPS.....	34
Figura 24. DBOX.....	34
Figura 25. HDU .....	35
Figura 26. Altavoz .....	35
Figura 27. KSI.....	35
Figura 28. Transformador y antena Bluetooth .....	35
Figura 29. PA.....	36
Figura 30. Arquitectura de conexiones entre dispositivos del DSS .....	37
Figura 31. Arquitectura de conexión entre la ES y el PCU .....	37
Figura 32. Planta, perfil y alzado del VRCC Centauro con posible distribución de componentes del DSS .....	46

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de stakeholders .....	8
Tabla 2. DAFO sobre adquisición externa .....	10
Tabla 3. DAFO sobre desarrollo interno .....	10
Tabla 4. Adjudicaciones del DSS del CC Leopard 2E y VCI/C Pizarro .....	18
Tabla 5. Clasificación de riesgos antes y después de las medidas .....	20
Tabla 6. Clasificación de riesgos antes de medidas.....	21
Tabla 7. Evaluación de riesgos.....	21
Tabla 8. Clasificación de riesgos después de medidas.....	22
Tabla 9. Tratamiento de riesgos .....	22
Tabla 10. Distribución de sistemas y periféricos a adquirir .....	29
Tabla 11. Localización de componentes principales del DSS del VRCC Centauro .....	45

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Ejército de Tierra (ET) debe estar en disposición de tener la máxima capacidad de respuesta ante las necesidades de la Defensa Nacional. Una de las capacidades más importantes con la que cuentan las Fuerzas Armadas (FAS) son sus medios acorazados y mecanizados que se encuentran distribuidos en las diferentes Brigadas. Tres de estas Brigadas, las pertenecientes a la División Castillejos, tienen en su orgánica unidades del Arma de Caballería con medios ligeros acorazados, entre ellos el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería (VRCC) Centauro [1] [2].

Este vehículo, de origen italiano y adquirido por España entre el 2002 y 2006 [3], está clasificado como vehículo ligero acorazado con un tren de rodaje de 4 ruedas por lado y capacidades medias respecto a su potencia de fuego y protección, destacando su gran movilidad al tener ruedas en vez de cadenas. Tiene un cañón Oto Melara de 105/52 mm (con posibilidad de incorporar hasta dos ametralladoras de 7,62 mm-9 y una protección basada en acero de entre 12,7 y 30 mm según su configuración, además de un motor de 520 CV, lo que le confiere una gran versatilidad en su maniobra [4]. Su conjunto de capacidades medias y movilidad han hecho que Italia exporte este vehículo a otros países, como Estados Unidos y Omán. En la Figura 1 el lector puede observar cómo es un VRCC.



Figura 1. VRCC Centauro

(Fuente: Manual MI-202)

El ET ha hecho del VRCC Centauro su medio de acción principal en las unidades de caballería tipo Grupo de la División Castillejos, por lo que cuenta con un gran uso en sus

actividades de instrucción y adiestramiento. Es por esto por lo que surge la necesidad de optimizar el empleo de este medio. Uno de los usos más críticos es el referente a los ejercicios de doble acción, aquellos que implican a miembros de la misma unidad representando a las dos fuerzas (propia/enemiga). Aquí se observan grandes problemas en el ámbito técnico, por un lado, un detrimento en la falta de realismo de la instrucción entre unidades al representar el fuego entre vehículos (por ejemplo, esto se realiza con medios de circunstancias como pueden ser códigos de luces o transmisiones vía radio, que disminuyen realismo al ejercicio). Además, otro problema que se encuentra es que hay que avisar al vehículo al que se simula hacer fuego de que está siendo objetivo de sus sistemas de puntería, pero estos medios necesitan obligatoriamente de un juez externo que verifique que el contacto marcado entre participantes es verídico, siendo completamente subjetivo e impreciso.

Estas circunstancias llevan a las tripulaciones de los VRCC Centauro a una pobre inmersión en el ejercicio debido a la falta de objetividad en el uso de sus sistemas de armas contra un posible adversario. Ante estas dificultades se plantea la necesidad de un sistema que ayude a optimizar la experiencia e inmersión de las unidades en los ejercicios de instrucción y adiestramiento. Una solución actual y presente en otros ejércitos, e incluso en otros vehículos y personal a pie del mismo ET, son los sistemas de simulación de duelo láser. Estos incorporan a las unidades una serie de emisores y receptores que ayudan a la realización de los ejercicios con una serie de señales que a llevan a mejorar la experiencia en algo tan vital como es la instrucción [5].

El sistema que monta cada vehículo comprende un emisor y un receptor. Al accionarse el sistema normal de fuego del vehículo se activa el emisor láser, que en caso de llegar a un receptor de otro participante de la maniobra activaría una serie de alarmas sonoras y visuales en éste, marcando que ha sido alcanzado y la magnitud de los daños. El dispositivo utiliza un sistema de posicionamiento global (GPS - *Global Positioning System*) para medir las distancias entre usuarios, calcular los datos necesarios del tiro y comprobar si este alcanza o no al objetivo. Además, el uso de este sistema llevaría al consiguiente ahorro económico en materia de mantenimiento, más sencillo de llevar a cabo que el que supondría el del sistema de fuego tras un ejercicio de tiro. En el Apartado 3 puede encontrarse una explicación detallada sobre el funcionamiento de un sistema simulador de duelo (DSS - *Duel Simulation System*) [6] [7].

Los beneficios del uso de este sistema en el VRCC Centauro incluirían una mejora de la instrucción de la tripulación, tanto de tropa como de cuadros de mando (CUMA,s), con una optimización integral de la experiencia. En la situación global actual es importante que una tripulación esté instruida en la inmersión física y psicológica que implica la tensión y el estrés de saberse amenazada por un posible enemigo, lejos la sensación de que es solo un ejercicio. El estar acondicionado a estas situaciones sería una amplia ventaja para los miembros de estas unidades, que verían su nivel de instrucción ampliamente mejorado.

Por todo ello, este Trabajo Fin de Grado (TFG) tiene por objetivo contribuir a la mejora en las capacidades de adiestramiento de las unidades de caballería tipo Grupo con uso del VRCC Centauro como fuerza principal mediante el uso de un sistema de simulación de duelo láser integrado en estos vehículos. El presente trabajo se desarrolla y organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se establecen los objetivos y alcance del trabajo. Posteriormente, se explica en detalle el funcionamiento de un DSS para entender mejor cada apartado del proyecto. A continuación, se profundiza en la viabilidad del trabajo en aquellos aspectos fundamentales que podrían llevar a su fracaso, y también se busca delimitar a los agentes interesados en el proyecto y qué se debe tratar con cada uno de ellos. Posteriormente, se confrontan las ventajas y

desventajas de desarrollar el DSS de forma interna o externa y se marca la postura óptima. Tras dicho análisis, se compara el panorama internacional en la materia, extrayendo puntos comunes entre todos los sistemas analizados para establecer los requisitos principales que debe cumplir el sistema DSS de acuerdo con las necesidades del VRCC Centauro y su instrucción. Posteriormente, se estudia la viabilidad económica, analizando el gasto que Defensa ha destinado a DSS similares con anterioridad. Tras esto, se clasifican los riesgos principales que debe afrontar el proyecto y la forma en que se deben solventar. Finalmente, se enumeran y explican las conclusiones extraídas del trabajo, así como posibles líneas de acción futuras del DSS en el ET.

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El **objetivo general** del trabajo es encontrar un sistema simulador de duelo (DSS -*Duel Simulation System*) que presente las características necesarias para la mejora de la instrucción y adiestramiento de las tripulaciones usuarias del Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería (VRCC) Centauro para su posterior adquisición. Los **objetivos concretos** son:

- Identificar los problemas, necesidades y limitaciones actuales en los ejercicios de vehículos Centauro que impliquen enfrentamientos entre estos.
- Definir los requisitos idóneos que debe poseer el DSS a partir de lo extraído en el punto anterior.
- Seleccionar conforme al estado del arte actual en el campo a tratar el sistema más adecuado y estudiar su adaptabilidad al VRCC Centauro.

Para que estos objetivos concretos se vean cumplimentados con la máxima rigurosidad posible se busca en todo momento la elección y definición de estos de una forma adecuada. Esto se logra haciendo que estos sean medibles, específicos, alcanzables y objetivos.

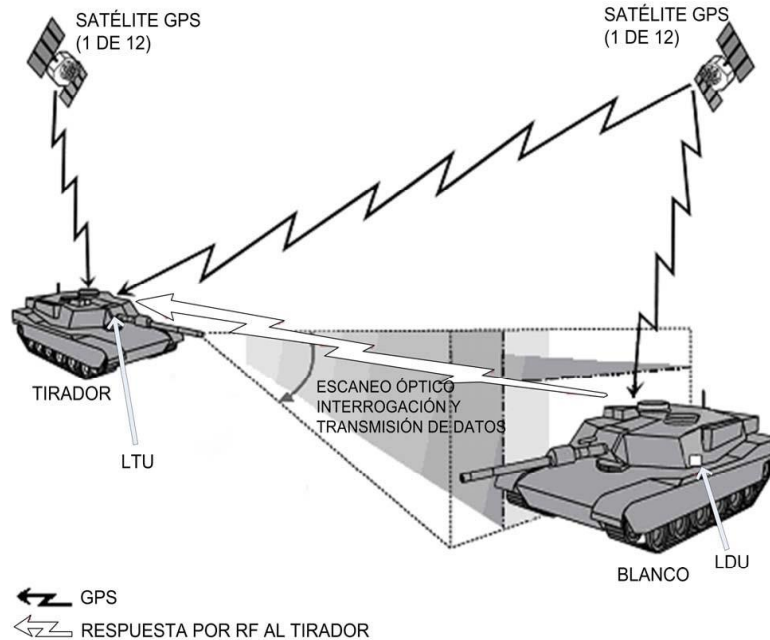
El VRCC Centauro se encuentra en uso únicamente en Unidades del Arma de Caballería del ET. Por ello, el **ámbito de aplicación** del sistema de duelo láser propuesto se limita únicamente a estas Unidades. No obstante, el objetivo futuro sería transferir el uso de este sistema de duelo láser a todos los vehículos de combate disponibles en las FAS. De esta forma, los diferentes actores podrán interactuar entre sí al contar todos con el mismo sistema. Se tendría así el primer sistema integral de simulación real o *en vivo* (tipo de simulación que implica uso de emisores láser o de radiofrecuencia [8]) en los vehículos de caballería de la División Castillejos, en la que convergen las fuerzas ligeras del ET.

## 3. FUNCIONAMIENTO DE UN DSS

A continuación, se describe brevemente el funcionamiento de un sistema simulador de duelo (DSS) en sus tres etapas de funcionamiento: proceso de fuego real y simulado, evaluación de daños y posterior análisis del ejercicio.

### 3.1 Proceso de fuego real y simulado

Un simulador de duelo de la generación actual se basa en las tecnologías GPS, escáneres láser, comunicaciones de datos por radiofrecuencia (RF) y transmisores y receptores ópticos de alta velocidad.



**Figura 2. Funcionamiento Operativo de un DSS**

(Fuente: Manual MT4-922)

En una acción de fuego típica de un vehículo blindado (véase Figura 2). El Jefe de Vehículo (JV) identifica un objetivo e informa al Tirador sobre la posición del blanco y la munición necesaria para batirlo. Este mueve la torre hasta la posición señalada, apunta el retículo al blanco y, en caso de que este en movimiento, lo sigue y predice el fuego conforme a la distancia. Tras esto, el Tirador hace fuego, y este junto al JV realizan una evaluación de los daños antes de reiterar el fuego o pasar a otro objetivo.

Todos estos procesos son recreados por el DSS buscando el máximo parecido con las acciones reales. Para calcular la distancia y hacer el seguimiento del vehículo antes de hacer fuego, el Tirador debe presionar el botón láser del vehículo, que activa el escáner láser del DSS en lugar del láser del vehículo. Este interroga al blanco, que mediante un mensaje de RF responde, enviando sus coordenadas GPS y su identificación. Tras esto el vehículo atacante calcula la distancia comparando su posición GPS con la recibida. Esta distancia pasa al Sistema de Control de Fuego (FCS – *Fire Control System*) del vehículo, que genera el desplazamiento de la torre.

De esta forma los sistemas del DSS y el vehículo se coordinan para mantener el realismo sin uso de los sistemas láser de este, que resultan dañinos si no se usan correctamente [9]. El DSS asegura la precisión del láser al estar la Unidad Transmisora Láser (LTU - *Laser Transmitter Unit*) en el mismo eje que la Unidad Visual Láser (UVL) que se pretende simular. Al efectuar el disparo, un flash del *Kill Status Indicator* (KSI) emula la salida del proyectil. Para representar correctamente el impacto y trayectoria del proyectil, la simulación y el cálculo del impacto se realizan en el blanco, de forma que, si en algún momento se perdiera el contacto visual directo con el blanco, se aseguraría que este es alcanzado.

Tras realizar el disparo, el DSS del blanco obtiene los datos del disparo enviados por el Tirador del vehículo atacante mediante la Unidad Detectora Láser (LDU – *Laser Detector Unit*) para realizar la simulación balística de impacto del proyectil en el lugar donde se recibe el láser. Esta necesita una serie de parámetros de entrada que envía el FCS del vehículo atacante usando sensores inerciales propios del vehículo, escáneres ópticos y el GPS. Estos datos incluyen ángulos de elevación y azimut (ángulo lateral sobre la dirección de la barcaza del vehículo) del cañón, posición, coordenadas del blanco respecto al atacante y desplazamiento del blanco durante el recorrido. La simulación finaliza cuando el proyectil alcanza el blanco (o no lo alcanza) en un tiempo máximo marcado según la distancia calculada.

### 3.2 Evaluación de daños.

Una vez terminada la simulación, se determina el punto de impacto, que, junto con la distancia al blanco, ángulo de impacto, munición empleada, orientación relativa entre barcaza y torre y ángulo de inclinación del vehículo, marcan los daños según los estatus marcados (Destrucción Total, Arma Principal Destruída, Tren de Rodaje Destruído, etc.).

Los acontecimientos incluyen simulación del efecto del disparo de forma externa e interna en ambos vehículos mediante el altavoz, el KSI, el sistema interfónico y las pantallas (Unidad de Control, CU – Control Unit) del Tirador y del JV. Por otra parte, los KSI y los altavoces marcan los efectos externos visuales y sonoros según las características del disparo efectuado y los efectos propios de este. Internamente, las CU del Tirador y del blanco marcan los resultados del conflicto. Más concretamente, la CU del Tirador marca las coordenadas según unos ejes X-Z del disparo según las zonas marcadas (véase Figuras 4 y 5 para CC Leopard 2E y VCI/C Pizarro), y la CU del blanco muestra el estado tras el análisis de daños por zonas.

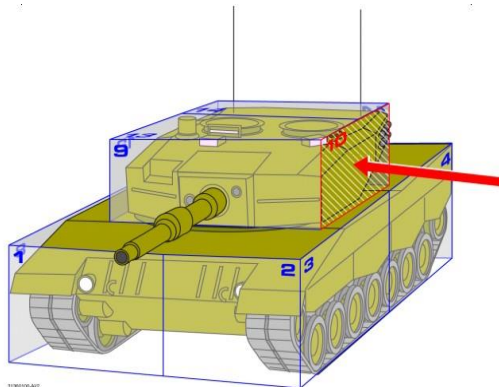


Figura 4. Zonas de impacto CC Leopard 2E

(Fuente: Manual MT6-XXX)

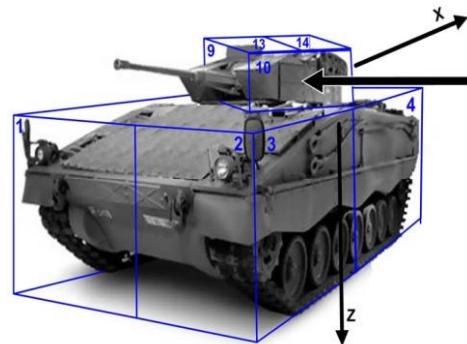


Figura 3. Zonas de impacto VCI/C Pizarro

(Fuente: Manual MT4-922)

En los DSS actuales existen además dos herramientas de comprobación automática del buen funcionamiento y uso del sistema: el autodiagnóstico y la capacidad antiengaño.

El autodiagnóstico o *Built-In Test* (BIT) comprueba el correcto desempeño de todos los módulos componentes del sistema y las conexiones entre ellos y con el sistema del vehículo. Si alguno de estos diera problemas se notificaría en las CU, de modo que la tripulación pueda tomar las medidas pertinentes para subsanarlo.

La capacidad antiengaño se usa para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, evitando la posibilidad de trampearlo para adquirir ventajas durante la simulación. Esto incluiría la

monitorización de la conexión de todos los detectores láser para evitar hacer 'invisible' al vehículo, prevención de la obstrucción de los detectores de forma externa mediante algún tipo de pantalla o la vigilancia del movimiento del vehículo si este hubiera sufrido, por ejemplo, una destrucción de su sistema de propulsión y la tripulación continuara moviéndolo. Al igual que el BIT, esto se monitorizaría en las CU de la tripulación para su conocimiento y arreglo. En caso de que fuera intencionado, se pasaría del estado presente de ese vehículo al estado 'Destrucción Total' como medida correctiva por el mal uso del DSS.

### **3.3 Análisis del ejercicio**

Tras los ejercicios, la información generada por los DSS se podría descargar mediante los dispositivos de descarga de datos o medios compatibles (USB-*Universal System Bus*, *Bluetooth*, IR-Infrarrojos). Estos datos, una vez descargados en un ordenador, permiten reconstruir el ejercicio y obtener informes precisos de la información recopilada. Estos incluyen:

- 1) ID de vehículos en cada combate.
- 2) Posición de los vehículos para la reconstrucción del enfrentamiento.
- 3) Hora del enfrentamiento.
- 4) Resultados del enfrentamiento (Destrucción Total, Motor Destruído, etc.).
- 5) Punto de impacto/s.
- 6) Munición empleada.
- 7) Distancia entre Tirador y Blanco.

También se contaría con un dispositivo de seguimiento en vivo del ejercicio, que mostraría las posiciones de los vehículos, su estatus y datos sobre los enfrentamientos.

Para más información sobre los diferentes componentes y módulos que conforman no sólo el sistema que monta el vehículo sino también los diferentes dispositivos de control, análisis y tratamiento de la información, véase Anexo B.

## **4. ANÁLISIS DE VIABILIDAD**

Antes de proceder al desarrollo del proyecto se debe esclarecer la viabilidad del mismo en los aspectos técnico, económico y social. Se debe estudiar cada uno por separado y comprobar sus resultados de forma individual para saber si el DSS es viable con los objetivos marcados. Para ello, se va a proceder a analizar cada uno de los aspectos señalados.

### **4.1 Viabilidad Técnica**

En este apartado es importante remarcar que existe una gran variedad de empresas en el mercado capaces de ofrecer el servicio que se requiere, algunas de ellas españolas con lazos de trabajos anteriores en campos similares [10].

La viabilidad técnica del proyecto se ve asegurada por la existencia de empresas españolas relacionadas con el servicio requerido. Aun así, al haber DSS de características relativamente semejantes dentro del ET se podría llegar a plantear la posibilidad de desarrollarlos de forma interna, aunque esta es una cuestión que se tratará más adelante en el apartado de decisión de *Make or Buy* (Apartado 6).

Además de esta cuestión, se plantea la necesidad del mantenimiento, así como el montaje y desmontaje del equipo en los VRCC Centauro. Para esto el ET cuenta con medios suficientes que, si bien en un principio podrían situarse en los centros especializados de mantenimiento, conocidos como terceros y cuartos escalones, más adelante podrían implementarse en las propias unidades usuarias. También podría ubicarse en el Centro Nacional de Adiestramiento (CENAD) de San Gregorio, en Zaragoza, donde están los DSS del Carro de Combate (CC) Leopardo [11]. Para observar una posible distribución de los componentes del DSS véase Anexo D.

Se concluiría así con una viabilidad técnica favorable.

#### **4.2 Viabilidad Económica**

Es especialmente relevante el asunto económico en proyectos de este tipo. Existen precedentes en el ET como pueden ser los ya nombrados DSS de infantería o los del CC Leopardo o del Vehículo de Combate de Infantería/Caballería (VCI/C) Pizarro, y podemos afirmar que predomina una posición favorable a la inversión en materia de apoyo y mejora a todo aquello que implique instrucción y adiestramiento.

El estudio económico propiamente desarrollado se verá más adelante en este trabajo en el apartado de Análisis de Presupuesto (Apartado 8). Al estar relacionado con organismos del ET que proveen de material a este se deberá procurar que el proyecto se adapte a los requisitos que estos marcan para contar con su aval y entre dentro de sus planes de adquisiciones, aunque esto no debería generar mayores inconvenientes. La cantidad de sistemas a adquirir sería de 82 DSS completos y 32 con una configuración de sólo de recepción, además de los dispositivos complementarios necesarios. Para más información, véase Anexo A.

Se concluye con esto que, dado que las FAS están adquiriendo una gran cantidad de material moderno para actualizar la instrucción de sus unidades, la viabilidad económica sería favorable.

#### **4.3 Viabilidad Social**

El sistema propuesto supone un avance tecnológico que se diferencia con las formas habituales de entrenamiento para el VRCC Centauro, por ello cabe preguntarse si este contará con la aceptación social necesaria para su correcto uso.

Es importante saber que no sería el primer medio de simulación que tendría el Centauro, ya que el simulador puramente virtual *Steel Beasts* cuenta con este vehículo en sus bases de datos y de sus correspondientes réplicas de mandos y controles [12]. De esta forma, la simulación ya es una materia tratada por las tripulaciones de este vehículo, siendo el DSS buscado otro simulador más que ampliaría el abanico de posibilidades de adiestramiento.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que los usuarios del Centauro serían propensos a aceptar medios alternativos a los tradicionales marcados en la introducción (empleo de luces y señales radio) que mejoraran su eficiencia en el campo de instrucción y en situaciones hostiles reales.

Por todo ello no se espera rechazo hacia el DSS a adquirir, ya que las tripulaciones están habituadas a su trabajo con estos medios. De esta manera podemos esperar una viabilidad social favorable.



## 5. ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS

Vista la viabilidad del proyecto, procede el análisis de interesados en este. A la hora de establecer los interesados en adquirir un DSS para el Centauro se debe tener en cuenta que estos se van a distribuir según su interés y su influencia. Como suele hacerse en estos análisis, debemos marcar los principales *stakeholders* (grupos de interés). De esta forma, se puede saber de antemano quiénes tienen poder en el proyecto para intervenir e impulsar su desarrollo. En la Tabla 1 se realiza un esquema con los principales *stakeholders* y posteriormente se va a proceder a examinar cada uno de los interesados:

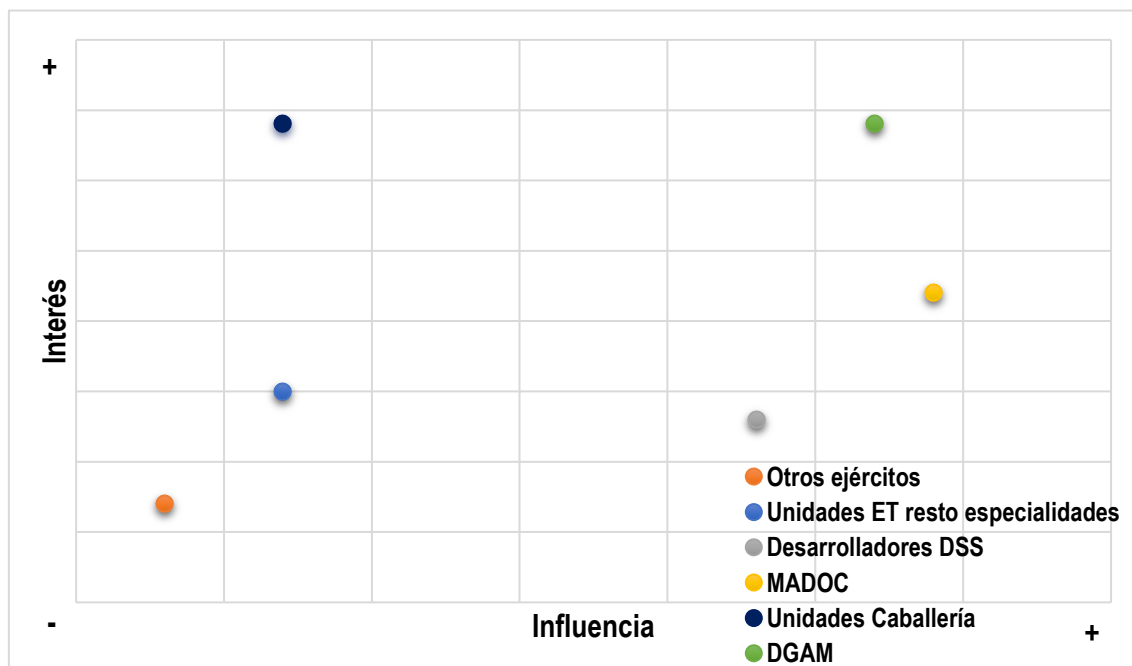


Tabla 1. Clasificación de *stakeholders*

(Fuente: Elaboración Propia)

Las **Unidades de Caballería del ET** serían las más interesadas en que se llevara a cabo la adquisición del sistema en cuestión. Esto es así porque repercutiría directamente en sus capacidades de combate en futuras situaciones de conflicto. La experiencia y adaptación en el uso de sus medios de forma más eficiente es fundamental para la supervivencia de la tripulación en un entorno hostil. Sin embargo, este grupo presenta una capacidad de influencia reducida sobre el programa de adquisiciones de las FAS. A pesar de ello, al ser este un material concreto para su uso, sí que cuenta con algo de influencia para ayudar al proyecto mediante informes de necesidades en sus ejercicios como pueden ser los descritos en la introducción. Estas unidades deben ser tenidas en cuenta para el desarrollo del DSS seleccionado, ya que serán el principal banco de pruebas de este una vez desarrollado. Al ser las futuras usuarias del sistema serán las que prueben la primera serie de prototipos, por lo que se les debe mantener informados de los progresos del proyecto. Esto se puede conseguir realizando un informe periódico que se les debe remitir para facilitar el seguimiento del proyecto. Este proceso es importante, ya que una vez el DSS esté desarrollado serán precisamente las Unidades de Caballería del ET las encargadas de probarlo y realizar informes sobre él. De estos análisis se procederá a la implementación de mejoras y subsanación de errores, de forma que el producto final sea adecuado a los requerimientos de las mismas Unidades, que serán sus usuarios finales.

En la zona de mayor poder e influencia se encontrarían la **Dirección General Armamento y Material (DGAM)** y el **Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC)**. Su control directo y capacidad de decisión sobre los programas de adquisiciones de las FAS y todo lo referente a necesidades y modernización en materia de instrucción y orgánica hacen de estos dos organismos grandes promotores de proyectos de esta clase en España [13] [14]. Es por lo tanto necesario trabajar estrechamente con ellos, mantenerles informados con todo detalle y de manera frecuente. De esta forma, se podrá ir adaptando el proyecto según las directrices dadas por ellos. El correcto desenlace del trabajo depende en buena medida de su apoyo a la adquisición y desarrollo de este.

También se debe tener en cuenta a las **empresas capaces de desarrollar o adaptar sistemas de simulación láser**. Es importante conocer a las organizaciones civiles o militares con experiencia en estos campos, lo cual aligeraría la carga de trabajo del proyecto al presentar una base sólida de la que partir. Alguna de estas empresas ya ha tenido contacto con proyectos militares de esta clase en España, como puede ser *Tecnobit S.L.* y sus simuladores láser para Infantería a pie [10] y vehículos [15]. Es por esto que su influencia es elevada al contar con amplia experiencia en este campo, aunque también se debe contar con que estas empresas pueden no estar interesadas en el proyecto. La complejidad del desarrollo o el horario de trabajo con el que cuente la empresa hace que su interés sea variable, pudiendo rechazar la oferta de colaboración, por lo que se les debe mantener interesados y satisfechos en apoyar el DSS.

Finalmente, el **resto de Unidades del ET del resto de especialidades y otros ejércitos** también deben ser considerados. El interés de estos *stakeholders* viene dado por posibles futuras colaboraciones que incluyan estos sistemas de forma cruzada. Actualmente el combate interarmas e interejércitos está a la orden del día, por lo que la posibilidad de utilizar estos sistemas para aumentar el nivel de instrucción de sus unidades se plantearía como interesante. Estos grupos contarían realmente con un interés y una influencia bastante reducidas, siendo suficiente con monitorizarlos para su control.

## 6. MAKE OR BUY

Una de las mayores decisiones a tomar antes de marcar las características necesarias para el DSS en cuestión es si debe ser comprado a una fuente externa o si puede ser desarrollado de forma interna. Para ello se va a realizar un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO).

Este análisis marcará cuál de las dos opciones es la más rentable y viable para el desarrollo del DSS del VRCC Centauro. Las opciones posibles son el desarrollo de forma interna o el desarrollo y adquisición de forma externa. A continuación, se realiza un análisis DAFO sobre la adquisición a una empresa externa, y posteriormente un análisis DAFO sobre el desarrollo interno.

## 6.1 DAFO sobre adquisición a una empresa externa

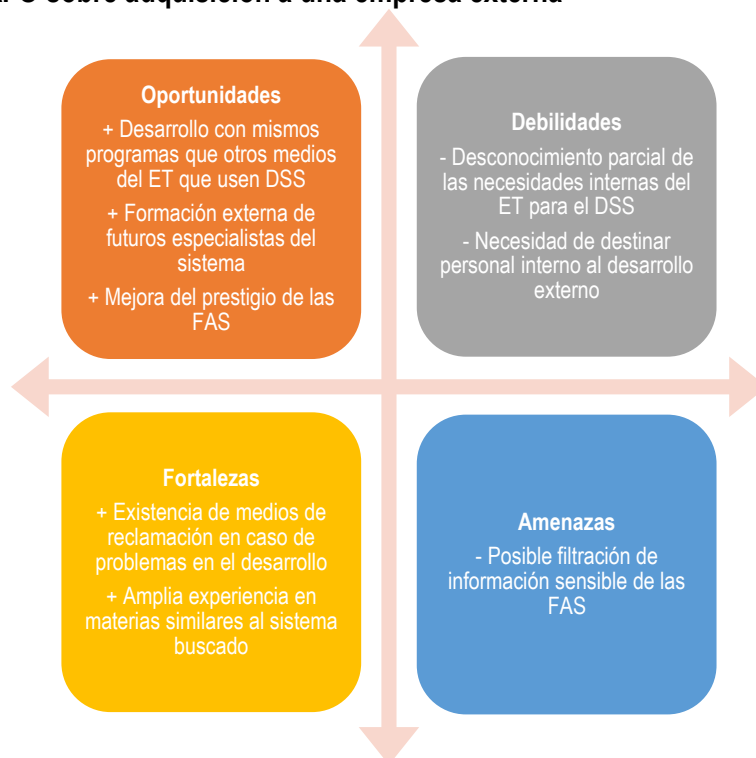


Tabla 2. DAFO sobre adquisición externa

(Fuente: Elaboración Propia)

## 6.2 DAFO sobre desarrollo interno FAS

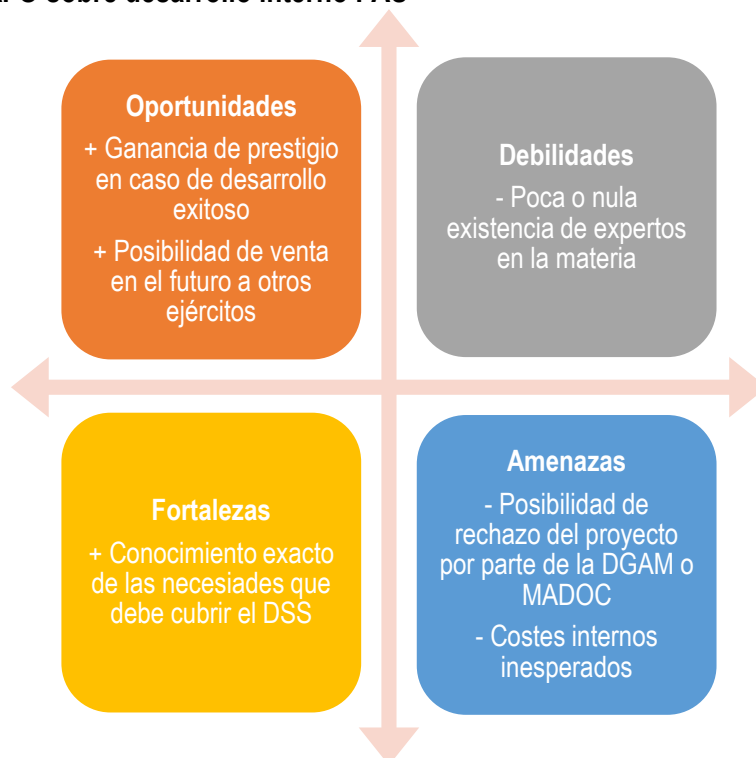


Tabla 3. DAFO sobre desarrollo interno

(Fuente: Elaboración Propia)

Mediante la observación de los dos análisis de DAFO se llega a la conclusión de que resulta más factible la adjudicación del desarrollo del DSS a una empresa privada externa.

El desarrollo interno se dificultaría en gran medida debido a la escasa disponibilidad de personal especializado en el ET. Los especialistas en materia de simulación se encuentran en los equipos del Centro Nacional de Adiestramiento (CENAD) San Gregorio [16] que apoyan a la simulación de todas las especialidades fundamentales del ET, aunque no en número suficiente para desarrollar desde la base un nuevo sistema. Esto junto a los riesgos que atañe el desarrollo interno en materia económica hace más favorable la opción externa. Estos vienen por los problemas relacionados con la aceptación por parte de los organismos encargados de las adquisiciones militares en España. Si un programa se sobredimensiona económicamente durante su desarrollo puede llegar a ser cancelado, como también lo puede ser si su presupuesto no está suficientemente definido por la falta de claridad ante la inexperiencia en la materia.

Por otra parte, la empresa privada dispone del personal necesario en sus propias instalaciones, solo requiriendo que se integre en el desarrollo algunos representantes de las FAS para supervisar y colaborar con los avances del DSS. Estos miembros además deberían controlar la no filtración de información sensible del ET a la vía pública y ayudar a los trabajadores con los detalles más técnicos que se precisen del sistema y desconozcan por su no pertenencia al ejército. La experiencia de los profesionales que trabajan en estas empresas las hace una opción más que satisfactoria, además de la existencia de posibilidad de reclamación en caso de no cumplirse los objetivos o no recibir el producto deseado. Se debe añadir que estas empresas podrían formar a los futuros especialistas del ET en estos medios y hacerlo compatible con los otros existentes en caso de que la empresa seleccionada tenga relación o sea la misma que ha desarrollado estos (*Tecnobit S.L.* [15]). La experiencia y seguridad ante los problemas que implique una recuperación total o parcial de la inversión en el futuro DSS hace de esta opción la más favorable.

## **7. ACTUALIDAD INTERNACIONAL Y DISCUSIÓN**

Antes de establecer los requisitos y características que debe cumplir el sistema de simulación, se debe contemplar y analizar el panorama actual en la materia. Del estudio de esta actualidad se podrán extraer ideas y encaminar algunas de las cuestiones menos precisas como pueden ser las capacidades técnicas del sistema o sus medidas físicas.

De esta manera, se van a enumerar y describir medios similares de ejércitos extranjeros y del ejército nacional, buscando puntos comunes entre estos.

### **7.1 Multiple Integrated Laser Engagement System (MILES – Sistema Integrado Múltiple de Enfrentamiento Láser)**

El DSS utilizado por el ejército de los Estados Unidos se desarrolló a finales de los 70 y principios de los 80 por la empresa *Xerox Electroptical Systems* con el nombre de *Basic MILES* y era exclusivo para combatientes a pie (Véase Figura 5). La complejidad de su mantenimiento producía una gran cantidad de problemas a este país, que además veía como la logística se veía colapsada por fallos constantes en el diseño del sistema. El DSS ofrecía los servicios primarios de esta tecnología, con emisores y receptores que avisaban al usuario con un sonido si este era alcanzado. El uso de un cartucho de foguero llevaba al sistema a activarse por el ruido que este generaba, lanzando una ráfaga de láser codificado. [17]

El ejército americano puso en uso el sistema, descubriendo que sus funciones de recopilación de datos fallaban. Esto, unido a la falta de piezas de repuesto por sus problemas de mercado llevó a un rediseño del producto. De este rediseño surgió un modelo mejorado con mejores baterías, más robusto y un menor consumo, además de incorporar modelos para vehículos acorazados y diferentes armas tipo fusil y ametralladora. Este sería el primer paso hacia el *MILES 2*, iniciado en el 1993. El nuevo sistema salió a concurso con un amplio Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT), buscando reemplazar al *Basic MILES*. El PPT incluía compatibilidad con sistemas similares en uso en el ejército americano como el *Simulated Area Weapons Effects-Radio Frequency*, Este añadía al sistema funcionalidades de GPS y de mensajes radio para avisar de incidentes como ataques de artillería o nucleares. El concurso se otorgó por el *Army STRICOM* a la empresa de defensa americana *Cubic Corporation*. El DSS se actualizaría al *MILES XXI* por la empresa *Lockheed Martin* en 2006, sin cambios de gran envergadura



Figura 5. Soldados americanos usando el MILES en diferentes armas

(Fuente: U.S Army)

El actual modelo fue desarrollado por la empresa sueca *Saab Defense and Security Training and Simulations* junto con la americana *Lockheed Martin*, el *Instrumentable Multiple Integrated Laser Engagement System Combat Vehicle Tactical Engagement Simulation System (I-MILES VTESS)*. En la Figura 6 se ilustra la instalación del I-MILES-VTESS sobre un vehículo ligero del US Army. Este modelo es usado en los vehículos acorazados *M1 Abrams Tank* y *Bradley Infantry Fighting Vehicle*, entre otros. El nuevo sistema refuerza las misiones de cada miembro de la tripulación y desarrolla mejor las técnicas de combate combinado entre especialidades. De esta forma provee a los directores del ejercicio mejor conocimiento de que está sucediendo en el campo de batalla durante la instrucción. Esto se debe a la mejora en la interacción entre los sistemas del vehículo con los sistemas del DSS. [18]

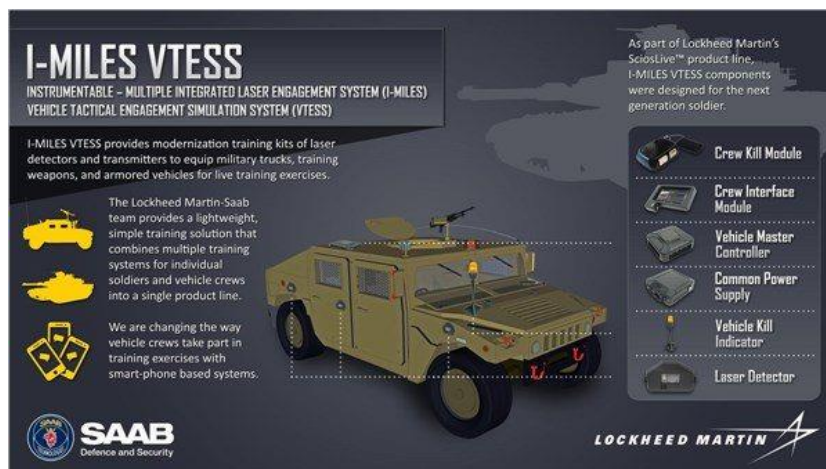


Figura 6. Instalación del I-MILES VTESS en un vehículo ligero del U.S. Army

(Fuente: SAAB Defence and Security)

El sistema MILES es uno de los más populares del mundo en su campo, siendo el más usado. La mayoría de los países que usan un DSS cuentan con el MILES o una de sus variantes.

## 7.2 Simulador de Combate Individual

El simulador láser español (véase Figura 7) es similar al equipo americano. Este ha sido desarrollado por la empresa española *Tecnobit S.L.*, que también ha sido la encargada de los DSS de los vehículos VCI/C Pizarro y CC Leopard 2E. El sistema español solo está disponible para unidades de infantería, siendo usado en el fusil de asalto HK G36 E, el fusil de precisión *Accuracy* y la ametralladora HK MG4. Es un producto que permite la interacción entre los sistemas de las unidades a pie y las unidades embarcadas, permitiendo la instrucción conjunta de ambos tipos de combatientes. Esto mejora ampliamente la experiencia en el adiestramiento.



Figura 7. Soldado español usando el Simulador de Combate Individual

(Fuente: Ejército de Tierra)

La versión instrumentalizada de este DSS permite el uso de un GPS y radio similares al *Simulated Area Weapons Effects-Radio Frequency* americano, para control en tiempo real del ejercicio. La versión que incorpora esta estación también añade la capacidad de análisis de los resultados tras acabar la instrucción. Esta función de seguimiento permite que el DSS registre con fiabilidad y precisión datos tales como la munición disponible, los disparos realizados o las condiciones de cada participante, así como su posición [19] [15].

## 7.3 Simulador de Duelos de Carros de Combate

De los mismos desarrolladores que el Simulador de Combate Individual y también basado en el equivalente americano. Este DSS empezó con el diseño y desarrollo para el CC Leopard 2E (véase Figura 8), seguido del VCI/C Pizarro y de simuladores para Blancos de Tiro.

Este sistema permite el entrenamiento de estos vehículos en ejercicios de doble acción mediante la incorporación a los vehículos de una unidad de control, un emisor y dos detectores láser. Estos se acoplan a la dirección de tiro del vehículo para realizar duelos entre estos.

Además, *Tecnobit S.L.* ha desarrollado el llamado Entrenador de Sección de Vehículos Acorazados (ESVA). Este incluye una serie de blancos fijos y móviles que, unidos a los sistemas de los acorazados, forman una galería de tiro que puede montarse en un terreno de unos 100x200 metros. El espacio reducido de montaje ayuda a la instrucción de tiro tanto del VCI Pizarro como del CC Leopard 2E (véase Figura 8), que cuentan con dificultades a la hora de realizar ejercicios de tiro por las condiciones de seguridad que debe darse en un campo de tiro. Entre otras ventajas el sistema ofrece: un puesto de instructor de tiro con capacidad de análisis en vivo, blancos abatibles desde este puesto, uso de utilidades GPS, radio, cámaras internas o simulación de parámetros que van desde trayectoria balística a vulnerabilidad del blanco según munición empleada, además de grabar los ejercicios para su posterior análisis. [15]



**Figura 8. CC Leopard 2E utilizando el sistema de duelo láser**

(Fuente: Antonio Rodríguez Jiménez, Globedia)

El programa de desarrollo para simulación se encuentra plenamente integrado para el CC Leopard 2E, ya que esto fue contemplado en su adquisición. Sin embargo, el VCI/C Pizarro todavía está a la espera de recibir varios sistemas de simulación (aulas de enseñanza asistida y simuladores de torre).

#### **7.4 *Ausbildungsgerät Duellsimulator* (AGDUS – Dispositivo de Entrenamiento Simulador de Duelo)**

El simulador alemán AGDUS está incorporado en el carro de combate alemán Leopard 2, en el Armored Fighting Vehicle Marder 1 A3 y en el vehículo antiaéreo Guepard. Además, el nuevo sistema incorpora a las armas ligeras: pistola G3, fusil de asalto HK G36, fusiles de francotirador G28 y g82, subfusil MP7, ametralladoras MG4 y MG5, lanzagranadas automático AG40 y misil contracarro MILAN (véase Figura 9).

El sistema AGDUS (véase Figura 10) no es compatible con el sistema MILES americano, al llevar un sistema de codificación diferente a este. El ejército alemán lleva usando sistemas de duelo láser desde 1990 y la última actualización es de 2016, desarrollado por *Rheinmetall Defense Electronics GmbH*. Esta empresa mejoró los sistemas actuales con reducciones de peso y mejora

de las baterías y los módulos e incorporó las armas ligeras al programa. [20]



**Figura 9. MILAN con AGDUS**

(Fuente: Bundeswehr)



**Figura 10. Carro Leopard 2A 5 con AGDUS**

(Fuente: Bundeswehr)

### **7.5 Discusión**

Podemos encontrar bastantes coincidencias entre los diferentes sistemas descritos en este análisis del estado del arte internacional.

La primera coincidencia la encontramos en la estructura de los sistemas, ya que prácticamente la totalidad de los DSS actuales se basan en el MILES americano. El sistema básico de emisores y receptores se ha ido modernizando y añadiendo funcionalidades como el control en vivo del estado de cada participante o la localización GPS. Pero la configuración básica se sigue manteniendo: un emisor en el eje de tiro del sistema de armas (ya sea fusilería o del cañón de un vehículo), unos receptores distribuidos por el participante para cubrir todas las áreas posibles y un sistema de medición de daños y avisos sonoros y/o luminosos. Podemos ver cómo este modelo se repite en casi todos los países, ya que los que no poseen una licencia del sistema MILES desarrollan los suyos propios de una forma semejante, como es el caso del DSS desarrollado por *Tecnobit S.L.*

La segunda coincidencia es la ampliación del DSS básico, ya sea aplicado a participantes a pie o vehículos de combate, o a los demás elementos participantes en la maniobra. Esto es una muestra de cómo se aprecia una mejora de la instrucción con el uso de estas tecnologías, de forma que se busque su expansión al resto de medios. Se persigue así un adiestramiento en el combate más realista, reafirmando la influencia del ejército americano en el resto de países, que también expanden sus DSS hacia todas las ramas del campo de batalla.

La tercera coincidencia es la búsqueda constante de aportar más realismo a la simulación, añadiendo módulos que potencian o incluyen factores de importancia en el conflicto real. Se ve así como los DSS contemplan la localización de los vehículos mediante la incorporación de GPS o la posibilidad de inyectar incidencias a un vehículo concreto o a todo el colectivo del ejercicio. Estas pueden ir desde el sobrecalentamiento de algún sistema que impida el movimiento del vehículo o la pérdida de las transmisiones. Estos problemas que pudieran darse de forma normal en el enfrentamiento no eran contemplados por los DSS originales, y añaden un gran valor a la simulación, dotando a esta de un realismo casi total, al poder simular casi cualquier condición del combate. Esto sumado a la capacidad de análisis *a posteriori* e incluso de grabación mediante cámaras en los participantes en el ejercicio mejora ampliamente la experiencia adquirida por los combatientes.



## 8. REQUISITOS TÉCNICOS DEL DSS

Para decidir qué sistema se ajusta más a las necesidades del ET es necesario establecer una serie de requisitos clave que deben ser cumplidos. Estos deberán marcar el resto de las características del sistema, de forma que deberán ser generales, sirviendo de guía para el resto. El conjunto de todos los requisitos se podrá observar en el Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT) detalladas en el Anexo C.

El principal requisito es que el DSS seleccionado se **ajuste lo máximo posible a la realidad del combate con el VRCC Centauro**. Es fundamental que el sistema que se adquiera cuente con un abanico de posibilidades respecto a la simulación lo suficientemente amplio para cubrir las situaciones dadas en un enfrentamiento. Dentro de este espectro entran una gran cantidad de necesidades a cubrir por el simulador. Este deberá soportar las condiciones dadas durante los ejercicios, tanto de temperaturas como atmosféricas, además de una cierta resistencia a los golpes que el VRCC pueda sufrir durante sus movimientos. También contará con unos tamaños, colores y formas que no entorpezcan el normal uso del vehículo.

Además, se tiene que desarrollar una base de datos que contenga los valores a añadir al simulador referente a todas las variables del tiro que afectan al enfrentamiento (debido a las condiciones externas del combate). Esto incluye diferentes tipos de munición, alcances efectivos de las armas, tiempos de vuelo de proyectiles o variaciones según las inclinaciones del vehículo. Todas estas variables balísticas deberán ser tenidas en cuenta para que el DSS responda como lo haría la munición real. De la misma manera, los vehículos deben diseñarse de forma que los impactos se puedan recrear de forma correcta, anulando la parte del vehículo afectada o completamente en caso de que el impacto tuviera ese efecto. Estos daños y el disparo se simulan mediante sistemas de luces y sonidos externos e internos, buscando la máxima inmersión de las tripulaciones participantes. De la misma manera, los participantes contarán con información relativa a su estado y el de sus municiones, para mantenerse informados de su situación como estarían en un combate real.

Otro requisito importante es que el DSS debe tener una **conectividad que permita su empleo en ejercicios con el resto de DSS del ET** (CC Leopard 2E, VCI/C Pizarro y Simulador de Combate Individual). Se pretende conseguir un sistema que permita la mejora de la instrucción para los tripulantes del VRCC Centauro, pero se debe tener en cuenta que el sistema no se limita a eso. La interconexión entre sistemas de duelo amplía mucho la experiencia, permitiendo el empleo conjunto de medios y consiguiendo acercarse al combate moderno, que utiliza gran cantidad de medios de diferentes tipos en el mismo campo de batalla. Esta coordinación podría resultar provechosa para los usuarios, que podrían usar los sistemas de tiro de forma coordinada y comprobar los efectos complementarios de diferentes vehículos.

A la hora de realizar el ejercicio se debe poseer **capacidad para controlarlo de forma externa**. Esto se consigue en los DSS actuales mediante la incorporación de dispositivos ajenos al sistema de duelo en sí. Se concretan en forma de herramientas portátiles de pequeño tamaño usadas por los 'árbitros' del ejercicio. Estos pueden decidir el tipo de acción que quieren realizar usando la misma tecnología láser que el DSS, cambian el estado de los vehículos, devolviéndolos a su estado original o haciendo que sufran 'averías'.

Mediante la incorporación de estos medios se consigue emular las circunstancias relativas al funcionamiento de los vehículos que pueden darse en cualquier enfrentamiento, como puede ser la avería del sistema de propulsión o que haya un proyectil interrumpiendo el sistema de fuego.

De esta forma se añade la posibilidad de incluir problemas externos al enfrentamiento, así como devolver al combate un vehículo ya 'destruido', para continuar la simulación.

Para aprovechar completamente las posibilidades de una simulación, se debe tener medios que den **posibilidad de analizar los resultados del ejercicio para extraer lecciones aprendidas**. Esta capacidad aportaría una segunda utilidad al DSS, ya que no sólo serviría para su uso en el campo de maniobras, sino que también sería una herramienta de análisis tras los ejercicios. El sistema utilizaría un dispositivo informático como puede ser un ordenador para mostrar los resultados de las simulaciones y los datos recopilados durante los ejercicios. Esto serviría para extraer información sobre el uso que la unidad da a los VRCC Centauro y desarrollar Normas Operativas (NOPS). Los datos marcarían los rangos temporales de los enfrentamientos, las posiciones de los participantes, el consumo de munición o los daños infligidos o sufridos, dando a los JV la posibilidad de recrear cada enfrentamiento y aprender de estos. Además de este análisis post-ejercicio se contaría también con un dispositivo semejante que permitiría mostrar información del desarrollo de los enfrentamientos en directo. Gracias a esto, el director de la actividad podría intervenir y modificar la situación de la simulación según crea conveniente con los datos obtenidos al instante a una cierta distancia de donde se esté llevando a cabo el ejercicio.

La adquisición de un DSS debe **contar con unas ciertas garantías de calidad y logísticas, así como con la formación en el uso de estos sistemas a personal del ET**. El correcto empleo de este nuevo material se debe asegurar mediante el desarrollo por parte del proveedor de los pertinentes manuales y cursos para personal del ET que luego instruirá a los usuarios del sistema. De la misma forma, se debe asegurar su correcto funcionamiento con los controles de calidad pertinentes que aseguren su uso un número de horas adecuado. Para asegurar esto sería apropiado que se realizara un trabajo conjunto entre el equipo civil que lleve a cabo el producto y un equipo del ET seleccionado para tal fin que ayude a un desarrollo afín a las necesidades del ejército. Esta actividad debería desembocar en la salida de una primera serie de prototipos, de los que los usuarios extraerían mejoras a incorporar para las siguientes series.

A modo de resumen, los cuatro requisitos técnicos estrictamente necesarios para la adquisición de un DSS son:

1. **Realismo**. Que el DSS se ajuste lo máximo posible a la realidad del combate con el VRCC Centauro.
2. **Conectividad**. Que el DSS tenga una conectividad adecuada y que permita su empleo en ejercicios con el resto de DSS del ET
3. **Control externo**. Que el DSS tenga la capacidad para ser controlarlo con medios externos.
4. **Feedback**. Posibilidad de analizar los resultados del ejercicio para extraer lecciones aprendidas.
5. **Garantías y Formación**. El DSS debe contar con unas ciertas garantías de calidad y logísticas, así como con la formación en el uso de estos sistemas a personal del ET.

## 9. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO

El componente económico puede llegar a ser decisivo a la hora de establecer la viabilidad del proyecto. Se cuenta con que este va a ser aceptado debido al análisis económico previo (apartado 4.2 Viabilidad económica) pero es necesario un análisis más exhaustivo. Se va a proceder a este estudio basándose en la información existente sobre los simuladores láser adquiridos por el ET en los últimos años. Para ello se ha elaborado la Tabla 4 con la fecha, el tipo de adquisición y la oferta

económica publicada, con información extraída de la Plataforma de Contratación del Sector Público [21] [22].

Fecha adquisición	Presupuesto base de licitación (impuestos incluidos)	Objeto del Contrato
19/12/2012	1.529.634 EUR	Adquisición de equipos de duelo.
18/10/2013	1.445.520 EUR	Equipos láser de enfrentamientos.
18/06/2014	743.801,64 EUR (valor estimado del contrato, importe de 0 EUR)	Mantenimiento del simulador de duelo CC Leopardo 2E/VCI Pizarro.
29/10/2014	300.000 EUR (Derivado del contrato con fecha 18/06/2014)	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
30/12/2014	150.000 EUR	Mantenimiento de simulador de duelo Leopardo 2E.
30/06/2015	150.000 EUR (Derivado del contrato con fecha 18/06/2014)	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
10/02/2016	150.000 EUR (Derivado del contrato con fecha 18/06/2014)	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
29/06/2016	150.000 EUR (Derivado del contrato con fecha 18/06/2014)	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
16/06/2017	450.000 EUR	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
26/09/2017	75.000 EUR	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
06/09/2018	75.000 EUR	Mantenimiento de simulador de duelo de CC LEOPARDO 2E y VCI/C PIZARRO.
<b>TOTAL</b>	<b>4.475.154 EUR (2.975.154 EUR Compra + 1.500.000 EUR Mantenimiento)</b> <b>Durante un periodo de 8 años (aprox.)</b>	

Tabla 4. Adjudicaciones del DSS del CC Leopard 2E y VCI/C Pizarro

(Fuente: Elaboración Propia)

Se puede observar en la tabla anterior el desglose de gastos que ha supuesto para el Estado Español los DSS del CC Leopard 2E y VCI/C Pizarro. Todos los contratos fueron adjudicados a la empresa *Tecnobit* S.L. Esta empresa también ha desarrollado otros sistemas de simulación para España además de estos, incluyendo el Sistema de Combate Individual (con un importe 278.467 EUR, para un total de 34 simuladores de fusil [23]) o el simulador de Artillería de Campaña (SIMACA, no láser, con un importe de 86.804 EUR + 200.000 EUR periódicos de mantenimiento [24] [25]). Los contratos se adjudicaron por ofertar el mejor precio en el primer momento, siendo los siguientes otorgados por Pliego de Cláusulas Administrativas y de Prescripciones Técnicas (PCAP). El contacto marcado en todas las contrataciones con la empresa fue la Jefatura de Asuntos Económicos del Mando de Apoyo Logístico (encuadrada en la Fuerza Logística Operativa), encargada de la contratación, contabilidad y dirección y coordinación del recurso financiero asignado a las unidades del ET [26] [27].

Analizando la tabla se puede ver como los pagos se dividen en dos tipos: los dos primeros de adquisición de los equipos láser y el resto de mantenimiento de estos. Los contratos de adquisición se enmarcan en el grupo de ‘Simuladores de combate’ y ‘Vehículos militares y sus partes’. Los contratos de mantenimiento se engloban en ‘Servicios de reparación y mantenimiento de sistemas electrónicos militares’. De esta diferenciación se observa también como hay una clara separación económica entre los contratos del primer tipo y del segundo. La compra del sistema supuso 2.975.154 EUR, y su mantenimiento durante 6 años 1.350.000 EUR.

Los costes marcados están referidos a la compra de los sistemas de duelo láser para el CC Leopard 2E y el VCI/C Pizarro. El coste de desarrollo de los programas de ambos vehículos, que además fueron los primeros de este tipo en España, fue más elevado debido a la necesidad de sentar una base de trabajo. Es por esto por lo que en **un posible nuevo desarrollo de estas tecnologías sería más barato, al no tener que desarrollar desde cero el programa**. Aquí encontramos el primer punto a favor, ya que se podría conseguir una reducción de presupuesto respecto al analizado, dándole mayores posibilidades de realización al proyecto. Además, al ser una cantidad menor de gasto se podría permitir la asignación de partidas extraordinarias de presupuesto en caso de problemas durante el desarrollo.

En las partidas de presupuesto destinadas al mantenimiento se observa un primer contrato por valor de 750.000 EUR, que se usó en diferentes contratos entre 2014 y 2016. En este periodo habría un total de 5 contratos periódicos (aproximadamente cada 6 meses), siendo 4 pagados con el primer contrato y un quinto con otro contrato. Este último se produjo 6 meses después del primero, siendo referido a gastos imprevistos en el contrato original. Una vez finalizó esta serie de contrataciones, se observa un gasto elevado de 450.000 EUR, de actualización tras el periodo inicial. Es tras este pago cuando se reduce considerablemente el gasto a 75.000 EUR periódicos (aproximadamente anuales) hasta la fecha presente. Es así como se puede ver que **la experiencia acumulada en esta materia ha hecho que se pueda reducir el gasto en mantenimiento y repuestos**. Aquí donde encontramos el segundo punto a favor del trabajo previo realizado en esta materia por el ET, sentando las bases de trabajo para proyectos posteriores con unos gastos optimizados en estas áreas.

De esta forma, podemos establecer que el presupuesto para el DSS del VRCC Centauro será inferior al marcado para el CC Leopard 2E y VCI/C Pizarro en su momento (219 unidades de CC Leopard 2E [28] y 226 VCI/C Pizarro [29] frente a 84 unidades del VRCC Centauro [30]). Esto se debe a que la experiencia adquirida hará inferior los gastos en mantenimiento y suministros Clase IX (repuestos) y a que el número total de estos vehículos es ampliamente superior al de VRCC Centauro en el ET. Como los gastos serían menores tanto en compra, ya que el número de DSS a adquirir es inferior; y en mantenimiento y repuestos, por la mejora en los procesos dado el uso anterior de sistemas similares en el ET.

## 10. ANÁLISIS DE RIESGOS

A continuación, se va a proceder a marcar y desarrollar los principales escollos encontrados durante el análisis de riesgos desarrollado. En este se ha procurado clasificar los posibles problemas que podrían surgir antes, durante y después del desarrollo del DSS, de forma que se puedan llevar a cabo las medidas correctivas pertinentes para cada uno. La clasificación se ha hecho en base a los efectos que tendría en el proyecto y su funcionamiento (impacto) y las posibilidades de que esto llegue a suceder (probabilidad). De esta forma se han clasificado los

riesgos con un código de colores: rojo (riesgo alto), naranja (riesgo medio-alto), amarillo (riesgo medio) y verde (riesgo bajo). Tras su clasificación, se han marcado las medidas necesarias para reducir su impacto, probabilidad o ambas, así como el responsable de llevarlas a cabo. Se han establecido un total de 15 riesgos, de los cuales 1 es de riesgo alto, 5 son de riesgo medio-alto, 7 son de riesgo medio y por último 2 son de riesgo bajo.

A continuación, se enumeran los posibles riesgos que pueden surgir en la elaboración de un sistema DSS:

- 1.- Errores en la recepción/emisión de datos.
- 2.- Falta de potencia del PCU.
- 3.- Colapso del sistema.
- 4.- Fallo de alimentación.
- 5.- Falta de precisión del sistema.
- 6.- Fragilidad de los componentes.
- 7.- Sobrecostes.
- 8.- Problemas de almacenamiento de información.
- 9.- Sustracción de información en la fase analítica.
- 10.- Inoperatividad de los sistemas de introducción de datos iniciales.
- 11.- Falseamiento de datos durante el uso del sistema.
- 12.- Fallo de conectividad con otros DSS del ET.
- 13.- Problemas de espacio físico en el interior.
- 14.- Complejidad o dudas en el uso del sistema.
- 15.- Problemas compatibilidad software analítico.

Una vez enumerados los posibles riesgos que pueden surgir antes, durante o después del desarrollo de un sistema DSS. Se van a clasificar dichos problemas atendiendo a los colores que se observan en las Tablas 5 y 6, que establecen qué riesgos deben tratarse de forma prioritaria. Estas Tablas recogen la distribución de los riesgos conforme a su probabilidad e impacto antes de la aplicación de medidas correctivas (Tabla 6), después de la aplicación de medidas correctivas (Tabla 8) y, a modo de comparación entre estas dos (Tabla 5).

El estado antes de las medidas, que incluye el proceso de clasificación en categorías, la explicación de sus efectos en el proyecto y el establecimiento de su clase; se puede observar en la Tabla 7. Por otro lado, el estado tras el tratamiento de riesgos, que incluye las medidas a aplicar que se han determinado, las nuevas clases de riesgo y los responsables de cada riesgo; se puede observar en la Tabla 9.

	Previo a medidas	Posterior a medidas
Clase de Riesgo	Cantidad	Cantidad
<b>Crítico</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Alto-Medio</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>Medio</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
<b>Bajo</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

Tabla 5. Clasificación de riesgos antes y después de las medidas

(Fuente: Elaboración Propia)

Previo a medidas				
Probabilidad	Alta (3)	1	2	1
	Media (2)	2		3
	Baja (1)	2	3	1
		Bajo (B)	Medio (M)	Alto (A)
Impacto				

Tabla 6. Clasificación de riesgos antes de medidas

(Fuente: Elaboración Propia)

Evaluación de riesgos						
No.	Descripción	Categorías de riesgo	Efectos del riesgo	Consecuencias (Bajas, Medias, Altas)	Probabilidad (1, 2, 3)	Clase de riesgo
1	Errores en la recepción/emisión de datos	Técnico	Inutilidad del sistema	A	2	2A
2	Falta de potencia del PCU	Diseño y requisitos	Mal funcionamiento de los sistemas de información de los usuarios	A	2	2A
3	Colapso del sistema	Técnico	No funciona el DSS	A	3	3A
4	Fallo de alimentación	Diseño y requisitos	Capacidad eléctrica insuficiente para el DSS y el VRCC Centauro	A	2	2A
5	Falta de precisión del sistema	Técnico	El DSS no ofrecería la experiencia precisa para las tripulaciones	M	3	3M
6	Fragilidad de los componentes	Diseño y requisitos	Imposibilidad de funcionamiento con todas las capacidades disponibles	M	1	1M
7	Sobrecostes	Compras	No se alcanzan los objetivos previstos de costes	B	2	2B
8	Problemas almacenamiento información	Diseño y requisitos	No se dispondría de total capacidad de análisis tras el ejercicio	B	1	1B
9	Sustracción de información en fase analítica	Técnico	Robo de información sensible del ET	A	1	1A
10	Inoperatividad de sistemas de introducción de datos iniciales	Técnico	Imposibilidad de realizar los ejercicios	M	3	3M
11	Falseamiento de datos durante el uso del sistema	Diseño y requisitos	Falta de exactitud en la simulación y su análisis	B	2	2B
12	Fallo de conectividad con otros DSS del ET	Diseño y requisitos	Pérdida de capacidades de instrucción conjunta	B	3	3B
13	Problemas de espacio físico en el interior	Diseño y requisitos	Imposibilidad de instalación del sistema	M	1	1M
14	Complejidad o dudas en el uso del sistema	Técnico	Falta de uso de todas las funcionalidades del sistema	B	1	1B
15	Problemas compatibilidad software analítico	Diseño y requisitos	Incapacidad de análisis tras los ejercicios	M	1	1M

Tabla 7. Evaluación de riesgos

(Fuente: Elaboración Propia)

Posterior a medidas				
Probabilidad	Alta (3)			
	Media (2)	1		1
	Baja (1)	5	4	4
		Bajo (B)	Medio (M)	Alto (A)
		Impacto		

Tabla 6. Clasificación de riesgos después de medidas

(Fuente: Elaboración Propia)

Tratamiento de riesgos					
No.	Medidas	Consecuencias (Bajas, Medias, Altas)	Probabilidad (1, 2, 3)	Clase de Riesgo	Responsable
1	Incorporación de capacidad de autoanálisis (BIT) y pruebas previas a cada uso	A	1	1A	Empresa adjudicataria
2	BIT e incorporación de la Caja de Distribución (DBOX)	A	1	1A	Empresa adjudicataria
3	BIT e incorporación de modo de funcionamiento con capacidades parciales	A	2	2A	Empresa adjudicataria
4	Incorporación de doble conexión de alimentación (baterías propias y del VRCC Centauro)	A	1	1A	Empresa adjudicataria
5	Capacidad de alineado de la LTU a través de la CU	M	1	1M	Empresa adjudicataria
6	Rugerización del sistema	M	1	1M	Empresa adjudicataria
7	Control periódico del avance del proyecto	B	1	1B	ET
8	Capacidad de borrado y extracción de información del DSS	B	1	1B	Empresa adjudicataria
9	Incorporación de claves para el acceso de personal autorizado	A	1	1A	ET
10	Incorporación de medios de introducción alternativos (Bluetooth o IR)	M	1	1M	Empresa adjudicataria
11	Incorporación de sistema antiengaño	B	1	1B	Empresa adjudicataria
12	Uso de software compatible	B	2	2B	ET
13	Optimización de volumen de los componentes a integrar	M	1	1M	Empresa adjudicataria
14	Incorporación de sistema de ayuda en la interfaz de usuario y diseño de manuales	B	1	1B	Empresa adjudicataria
15	Uso de software comercial vigente y diseño flexible y adaptable a actualizaciones	B	1	1B	Empresa adjudicataria

Tabla 7. Tratamiento de riesgos

(Fuente: Elaboración Propia)

El único problema con la clasificación de **riesgo alto** ha sido el derivado de un **colapso del sistema (riesgo 3)**, el cual implicaría la inoperatividad total del DSS. Se trataría de un problema técnico con dificultad para ser solventado completamente, ante lo cual se debería buscar una medida que reduzca la probabilidad de que esto suceda. Esto se ha conseguido mediante la integración de todos los módulos del DSS en el BIT, de forma que un problema ya existente puede advertirse con cada encendido del sistema. Sigue cabiendo la posibilidad de que el simulador colapsara por sobrecalentamiento o por no poder procesar toda la información durante el desarrollo del ejercicio, siendo las causas provocadas tras el BIT. Para esto se debería incluir la posibilidad de trabajo con funciones parciales, limitándose el trabajo del DSS a la emisión, recepción y cambio del estatus del VRCC Centauro. De esta forma, podría operarse el sistema y subsanar los problemas sin interrumpir el ejercicio.

Se cuenta con 5 problemas con **riesgo medio-alto**. Referidos al funcionamiento interno del sistema existen dos que son la **falta de potencia de la CPU (riesgo 2)** y el **fallo de los sistemas de alimentación (riesgo 4)**. Ambos fallos contarían con un impacto elevado y probabilidades medias, por lo que sería urgente su corrección. En caso de pérdida de capacidad de trabajo de la unidad encargada del procesamiento de la información, la simulación podría no resultar satisfactoria, con retrasos en la ejecución de acciones o pérdida de información. Para ello, además de la incorporación al BIT, contaría con una conexión a la DBOX para suplir una posible necesidad de potencia. Por su parte la falta de alimentación podría suponer igualmente una ralentización o desconexión total o parcial del sistema. Para evitarlo se añadiría una batería independiente con capacidad de trabajo de 72 horas ininterrumpidas conectada directamente al DSS. En caso de fallo de conexión del sistema principal del VRCC Centauro, se activaría automáticamente esta batería secundaria.

Relacionado con el sistema láser contamos con otros dos, **errores en la recepción/transmisión de datos (riesgo 1)** y la **falta de precisión del sistema (riesgo 5)**. El caso de fallo en lo referido a el intercambio de información sobre el tiro entre vehículo tendría un gran impacto sobre la simulación, aunque es de difícil control. Para intentar prevenir este problema se debe someter al autoanálisis de manera rigurosa todos los componentes de emisión y recepción, realizando pruebas previas de funcionamiento a cada ejercicio. El caso de falta de precisión en el sistema es de alta probabilidad durante la duración de un ejercicio, debido al movimiento constante y brusco de la torre del VRCC Centauro. Para ello, además de un ajuste sólido tras su instalación, se debe contar con la capacidad de alineado de la unidad emisora por parte de la CU, de forma que se asegure la máxima precisión del DSS.

El último de los riesgos marcados como medio-alto es el relativo a la **inoperatividad de los sistemas de introducción de datos iniciales (riesgo 10)**. El dispositivo para esta introducción de datos sería la Pistola de Árbitro (PA), el cual se encargaría de emitir vía IR los datos necesarios que cada vehículo debe poseer para ser participante en un ejercicio concreto. Estos sistemas podrían averiarse, tanto la antena de infrarrojos (IR) del vehículo cómo la PA, por lo que sería necesario la introducción de otra vía de envío (y descarga) de información. Se integraría entonces una conexión para una antena *Bluetooth*, que podría realizar estas funciones directamente con los medios de tratamiento de la información (Estación de Análisis), dando opción a la introducción de datos por vía ajena a la IR. Una tercera vía independiente de las inalámbricas sería la conexión vía USB.

Los otros nueve problemas marcados contarían con una clasificación de **riesgo medio (7) o bajo (2)** son de menos probabilidad y/o impacto que los anteriores, siendo referidos a cuestiones



menores del sistema o que, aun sucediendo, permitirían el funcionamiento de este. Están referidos a cuestiones de diseño, volumen, software o conectividad, logrando reducirse su incidencia en el proyecto en buena medida en todos los casos. Se debe tener en cuenta que el responsable de aplicar las medidas marcadas en la Tabla 9 es en la mayoría de los casos la empresa adjudicataria, limitándose el ET a los problemas posteriores al proyecto o económicos. Esto es así dado que la mayoría de los riesgos están relacionados con diseño y requisitos y técnicos, subsanables durante el desarrollo del proyecto en su mayor medida. De esta manera, el ET debería limitarse a controlar el correcto desarrollo del proyecto y a la futura conectividad de este, así como a la seguridad en el manejo de la información resultante de los ejercicios. Se puede comprobar como estos problemas no representan una amenaza para el proyecto, siendo los riesgos más alarmantes las relaciones con la parte responsable de la empresa adjudicataria.

## 11. CONCLUSIONES

Finalizados los diferentes procesos de análisis y estudio de la situación actual de diversos factores que afectarían al desarrollo de un DSS para el VRCC Centauro se puede afirmar no sólo que este es viable, sino que sería ampliamente deseable para el ET.

La mejora en las capacidades de instrucción y adiestramiento de las tripulaciones del Centauro supondría un gran impulso para las unidades del Arma de Caballería. Las nuevas posibilidades que se obtendrían llevarían a la optimización del uso de este vehículo además de un gran cambio a la hora de analizar los ejercicios realizados y extraer lecciones aprendidas. El amplio uso que están recibiendo estas tecnologías en la actualidad internacional junto con la modernización que están sintiendo las FAS hace de este sistema un buen candidato a ser parte de los materiales de instrucción del Ejército.

El sistema DSS del CC Leopard 2E y del VCI/C Pizarro marcan un importante paso adelante en el uso de estas tecnologías en el ET. La posibilidad de compatibilizar estos sistemas y el nuevo DSS añadiría al Centauro nuevas funcionalidades, permitiendo al Arma de Caballería integrarse de forma total en ejercicios de simulación con estos dos vehículos. Se concluye en este proyecto con la idea de que esta conexión será fundamental para el futuro del DSS, por lo que la opción de la adquisición externa cobra fuerza, siendo necesario que los desarrolladores del sistema sean los mismos que los de los dos DSS ya existentes en el ET (*Tecnobit* S.L.) o por otra empresa con capacidad de realizar esta compatibilidad. Esta adjudicación deberá hacerse conforme a la legalidad vigente y de acuerdo con los requisitos técnicos analizados en este trabajo para hacerlo a medida de las necesidades del ET.

Sería interesante marcar las futuras líneas de trabajo y desarrollo que se pueden trazar a partir de los resultados obtenidos en el proyecto. Vistas las capacidades de simulación del DSS y su cercana aproximación al realismo, cabe plantearse cómo podría profundizarse aún más en esta tecnología para alcanzar una experiencia de simulación completa de combate. Ya que el VRCC Centauro se encontraría integrado de forma plena tras este proyecto, faltaría por integrarse el resto de los medios de combate del ET. Podría desarrollarse un sistema para cada uno (futuro 8x8, piezas de artillería, armas contracarro, etc.) o investigar una nueva línea de DSS 'universales' basados en la posición GPS de cada participante y sus características con el mínimo de componentes posibles. Otra posible línea de trabajo futura sería la implementación de los fuegos de las plataformas de armas del Ejército del Aire y de la Armada, implementando todos los fuegos existentes en una Zona de Operaciones (ZO). De esta forma, se tendría una simulación integral

conjunta (entre diferentes ejércitos) de una ZO en Territorio Nacional (TN). El siguiente paso sería la estandarización de conexiones entre los DSS de diferentes países, alcanzándose entonces un nuevo nivel de simulación, la conjunta combinada (entre diferentes ejércitos de diferentes países).



Anexo A

## **Necesidades de adquisición en función de la orgánica de las Unidades de Caballería**

Es importante conocer la cantidad de VRCC Centauro existentes en el ET actualmente, ya que esto condicionará la cantidad de DSS a adquirir. También se debe tener en cuenta este número para establecer la cantidad de dispositivos complementarios al sistema principal, que irán en proporción a la necesidad de control del ejercicio sobre los participantes.

En la actualidad, la unidad de Caballería base que usa el VRCC Centauro es la Sección Ligera Acorazada (SLAC), que contaría con dos Centauro. La unidad inmediatamente superior a esta sería el Escuadrón Ligero Acorazado (ELAC) que cuenta con tres SLAC, haciendo un total de seis Centauro por cada unidad de este tipo. A su vez, un Grupo de Caballería de la División Castillejos (esta División es la que encuadra a todas las Brigadas ligeras del ET, incluidas las unidades de Caballería que usan el VRCC Centauro) contaría con dos ELAC en su orgánica, haciendo un total de 12 Centauros por Grupo, al que se debe añadir un Centauro que llevaría al jefe del Grupo.

De esta forma, contaríamos que cada unidad tipo Grupo o Regimiento (los Regimientos de Caballería del ET cuentan con una orgánica de VRCC Centauro similar a los Grupos) tiene 13 VRCC Centauro (12 por SLAC y 1 por Grupo). Debemos tener en cuenta que existen seis Grupos dentro de la División Castillejos (véase Figura 11), cuatro en las Brigadas ligeras (véase Figura 12) y dos dependientes del Regimiento 'España' (este contaría con una orgánica diferente, véase Figura 13), además de la Academia de Caballería, que contaría con vehículos para la instrucción de los alféreces cadetes y sargentos alumnos [2]. A continuación, se enumeran los Centauro necesarios:

- Grupo de Caballería 'Reyes Católicos' II, Brigada 'Rey Alfonso XIII' II de la Legión. (13 VRCC Centauro)
- Grupo de Caballería 'Santiago' I/12, Regimiento de Caballería 'Farnesio' 12, Brigada 'Galicia' VII. (13 VRCC Centauro)
- Grupo de Caballería 'Sagunto' I/8, Regimiento de Caballería 'Lusitania' 8, Brigada 'Almogávares' VI. (13 VRCC Centauro)
- Grupo de Caballería 'Milán' XVI, Brigada 'Canarias' XVI. (13 VRCC Centauro)
- Grupo de Caballería 'Numancia' I/11 y Grupo de Caballería 'Lanceros de Borbón' II/11, Regimiento de Caballería 'España' 11. (28 VRCC Centauro)
- Academia de Caballería. (2 VRCC Centauro)

Esto hace un total de 82 sistemas necesarios para completar la instrucción de todas las unidades que usan este vehículo. No se planea la adquisición de sistemas de más ya que se cuenta con que no se usen todos a la vez durante la instrucción de las unidades.

Además de estos sistemas principales, se debe añadir la cantidad a adquirir de sistemas de sólo recepción adaptables a otros vehículos, dispositivos de control externo del ejercicio y dispositivos para la descarga de información para su posterior análisis. Se estima que se necesitará un sistema de solo recepción por cada unidad tipo SLAC, pues se prevé un mayor uso para ejercicios de doble acción que para ejercicios que impliquen otros vehículos diferentes a los VRCC Centauro, haciendo un total de 37 (uno para la Academia de Caballería y 36 SLAC). Estos podrían ser vehículos ligeros tipo *Pick-Up*, motocicletas o puestos estáticos simulando objetivos de importancia para las fuerzas propias. De la misma forma, se estima que una unidad de control externo (PA), una unidad para almacenamiento y análisis de información y una unidad de seguimiento del ejercicio por cada unidad tipo ELAC serán suficientes.

Se tendría entonces el reparto de material complementario y sistemas láser completos conforme a la Tabla 10.

	CANTIDAD
DSS COMPLETOS	82
DSS SOLO RECEPCIÓN	37
DISPOSITIVOS CONTROL EXTERNO	13
DISPOSITIVOS ALMACENAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	13
DISPOSITIVO DE SEGUIMIENTO DEL EJERCICIO	13

Tabla 8. Distribución de sistemas y periféricos a adquirir

(Fuente: Elaboración Propia)

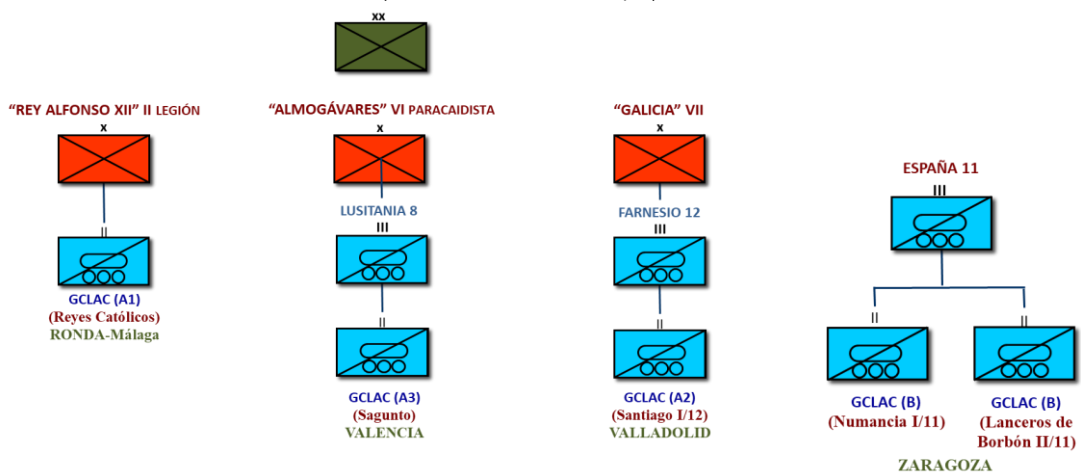


Figura 11. Orgánica de la División Castillejos y RCLAC España 11

(Fuente: Academia General Militar)

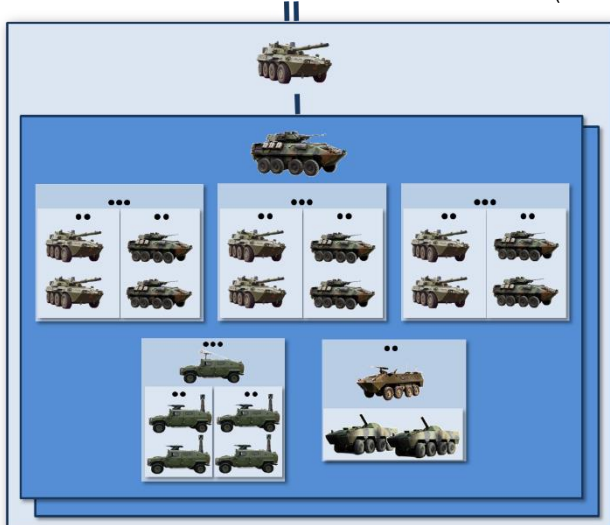


Figura 12. Vehículos en un Grupo de la División Castillejos

(Fuente: Academia General Militar)

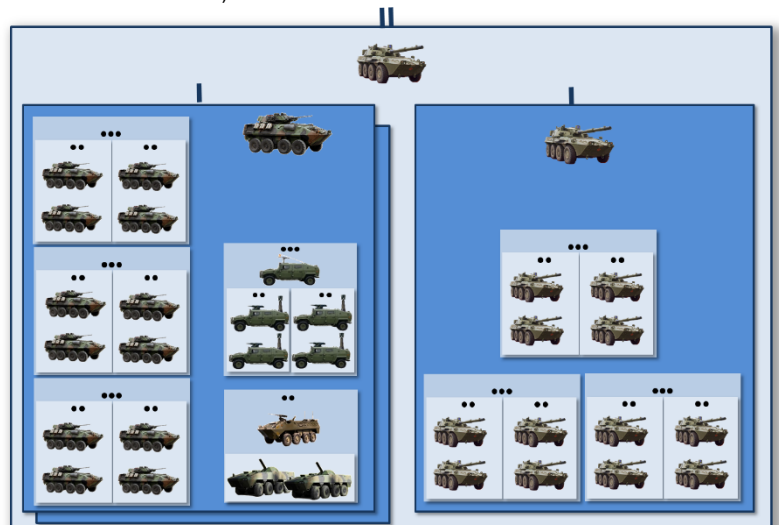


Figura 13. Vehículos en un Grupo del RCLAC España 11

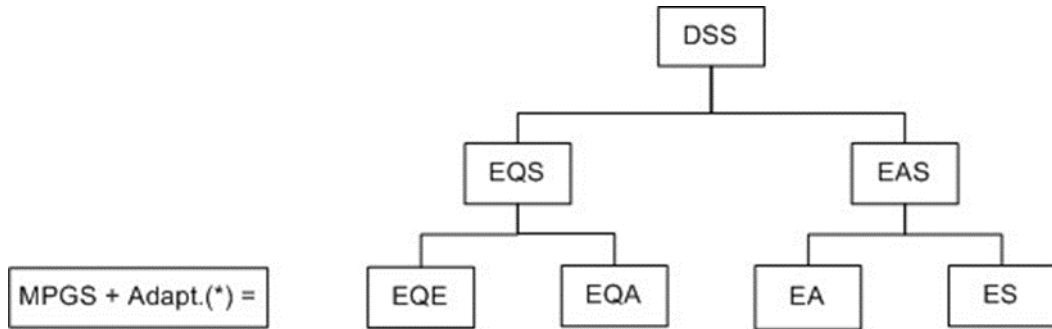
(Fuente: Academia General Militar)

Anexo B

## **Composición de un DSS**

La configuración de un DSS comprende:

- Equipo de Simulación (EQS), compuesto de Equipo Embarcado (EQE) y Equipo de Apoyo (EQA).
- Equipo de Análisis y Seguimiento (EAS), compuesto de Estación de Análisis (EA) y Estación de Seguimiento (ES).



(\*)Adapt. = Adaptación del MPGS al CC L2E.

Figura 12. Organigrama de la estructura del DSS para el CC Leopard 2E

(Fuente: Manual MT6-XXX)

En la Figura 14 se puede observar como el DSS utilizado por el CC Leopard 2E se basa en la variante de la tecnología americana para vehículos *MILES Precision Gunnery System* (MPGS). La arquitectura del DSS se puede observar en la Figura 15.

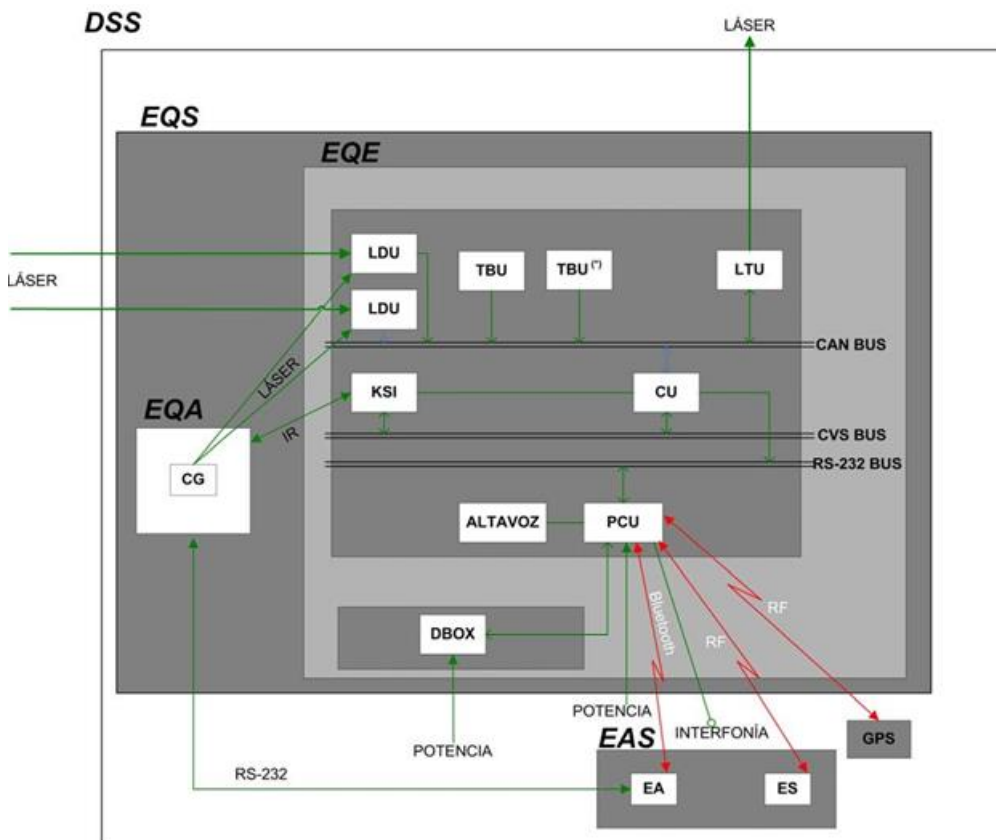


Figura 13. Arquitectura del DSS del VCI/C Pizarro

(Fuente: Manual MT4-922)



A continuación, se va a proceder a enumerar y explicar los componentes de cada uno de los equipos en base a los manuales de operación de los DSS del CC Leopard 2E y del VCI/C Pizarro [31] [32].

## 1. Equipo Embarcado (EQE)

Incluye aquellos componentes que se montan sobre el vehículo. Los principales son:

### 1.1 Unidad Detectora Láser (LDU – *Laser Detector Unit*)

Se trata de un detector láser capaz de recibir y descifrar señales láser desde el atacante. Van montadas en ambos lados del exterior del vehículo de forma que permitan una recepción 360° sin obstrucciones de cualquier posible señal. Tienen capacidad para detectar obstrucciones, activándose el sistema antiengañó.

Deben ser dos como mínimo (ambos conectados al bus de comunicaciones del vehículo), siendo el número correcto aquel que permita una detección de todos los ángulos posibles, además de un ángulo apropiado de elevación. Se basa en detectores direccionales para marcar el impacto del haz láser. Debe ir atornillado al vehículo para asegurar un agarre sólido al ser una de las piezas fundamentales del sistema e incorporarse al BIT.



Figura 14. LDU, adaptador y soporte

(Fuente: Manual MT6-XXX)

### 1.2 Unidad Transmisora Láser (LTU – *Laser Transmitter Unit*)

Es un láser con la capacidad de enviar al vehículo marcado como blanco, datos relativos al fuego para que este pueda realizar la simulación balística usando su FCS. Está situada en el extremo del arma principal (en este caso el tubo cañón) en su interior.

Sirve para simular enfrentamientos con otros vehículos, emitiendo haces láser tanto para representar el fuego del arma principal como del arma secundaria (sobre todo ametralladoras coaxiales). La LTU se encuentra alineada con la unidad láser del vehículo, asegurando su precisión. Estas se diferencian en que el haz láser emitido por la LTU está catalogado como Clase 1, seguro en todas las condiciones de utilización [9]. Su correcto uso se asegura mediante su inclusión en el BIT y su agarre es mediante tornillos. En las Figuras 17 y 18 puede apreciarse la diferencia entre las LTU del CC Leopard 2E y la del VCI/C Pizarro, al estar la primera en el interior del tubo cañón y la segunda en la parte superior por el exterior.



Figura 15. LTU y montura CC Leopard 2E

(Fuente: Manual MT6-XXX)



Figura 16. LTU y montura VCI/C Pizarro

(Fuente: Manual MT4-922)

### 1.3 Unidad de Control (CU – Control Unit)

Interfaz de usuario para la tripulación del vehículo. Debe posicionarse en el interior del vehículo para su uso por la tripulación. En su pantalla se observa información sobre el DSS y su teclado sirve para acceder a sus funciones.

La CU (véase Figura 19) realiza la simulación balística y evalúa los daños e incorpora datos útiles para la tripulación (tablas de tiro). Además, es responsable de los BIT, los mensajes de voz y acústicos por interfonía (está conectado a esta) y muestra una variedad de datos sobre la simulación, como los tipos de munición, proyectiles restantes o las coordenadas de impacto (x-y). También gestiona y simula la recarga de munición y la comprobación de las cadencias de tiro.



Figura 17. CU

(Fuente: Manual MT4-922)

### 1.4 Unidad de Cargador (LU – Loader Unit)

Interfaz de usuario (véase Figura 20) permite al Cargador del vehículo introducir entradas para señalar al DSS el tipo de munición que se quiere utilizar.

Se localiza en el compartimento del cargador de forma que este pueda manejarlo cómodamente, en un entorno de trabajo similar al habitual. También muestra información relacionada con la munición, como por ejemplo los tipos de munición cargadas y disponibles en el sistema, así como su número.



Figura 18. LU

(Fuente: Manual MT6-XXX)

### 1.5 Unidad de Potencia y Control (PCU – Power Control Unit)

El PCU (véase Figura 21) es el elemento de conexión entre todos los componentes de DSS, suministrando potencia del vehículo a estos (excepto a la DBOX). Su función principal es la de almacenar los datos previos al ejercicio y los que se desarrollan durante este, por lo que cuenta con un receptor GPS conectado a una antena RF para recibir la posición, velocidad y aceleración del vehículo en todo momento.

Se localiza en la parte externa, normalmente en la parte delantera. Tiene su propia batería y un cargador incorporado, permitiendo su funcionamiento durante un tiempo limitado en caso de fallo en el suministro por parte del vehículo. También incluye el radiotransmisor del DSS, que conecta vía RF entre Blanco y Tirador; y un generador de los avisos de voz y sonido que luego se transmitirían por interfonía. Se incluye en el BIT.



Figura 19. PCU

(Fuente: Manual MT4-922)

## 1.6 Módulo Visualizador de Trayectoria (TBU – Trace Burst Unit)

El TBU (véase Figura 22) tiene como función ofrecer al Tirador una visión simulada de la trayectoria del proyectil e impacto tras el fuego en el visor de este. Se encuentra superpuesto sobre el visor del Tirador y del Jefe de Vehículo (JV), ya que su visor puede mostrar la misma visión que el Tirador.

Este dispositivo permite simular una cadencia de ráfagas de pocos disparos en caso de que fuera necesario (en el caso del VRCC Centauro no es posible), teniendo en cuenta la trayectoria balística del proyectil y emulándolo en el TBU. El visualizador muestra una representación de la trayectoria fiel a la real gracias a los datos sobre el tipo de munición, que le permiten establecer la duración del impacto. También incluye los efectos de humo, estallido y oscurecimiento de los visores tras el disparo.



Figura 20. TBU

(Fuente: Manual MT4-922)

## 1.7 Antena RF y GPS

El sistema montado en el vehículo utiliza el DGPS (*Differential Global Positioning System*), por lo que necesita de una antena capaz de recibir señales GPS (véase Figura 23). Además, el DSS necesita de una comunicación interna por RF, por lo que también incorpora una antena RF. Para optimizar esta comunicación, ambas antenas van montadas en un único soporte común, situada en el exterior del vehículo, encima del soporte para este conjunto.

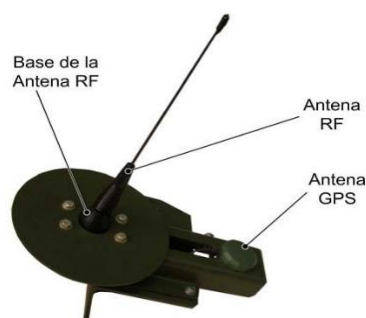


Figura 21. Antena RF/GPS

(Fuente: Manual MT4-922)

## 1.8 Caja de Distribución (DBOX – Distribution BOX)

La DBOX (véase Figura 24) tiene como función principal la integración de datos entre vehículo y DSS. Se encuentra ubicada en el interior del vehículo, normalmente debajo del puesto del Tirador, conectado mediante entradas y salidas discretas y analógicas o en un bus *Controller Area Network* (CAN, protocolo de comunicaciones para transmisión de datos). Obtiene la alimentación del vehículo y la pasa a la PCU, que la distribuye a todo el sistema.



Figura 22. DBOX

(Fuente: Manual MT4-922)

## 1.9 Módulo Detector de Ocultamiento (HDU – *Hull Down Unit*)

Cada vehículo cuenta con dos HDU (véase Figura 25) que marcan si durante un enfrentamiento la barcaza se encuentra oculta o no. Se encuentran en la parte exterior del vehículo. Su posición debe permitir controlar los 360° en la línea del horizonte y sobre unos 18° en elevación para marcar con fiabilidad si la torre es lo único visible o por el contrario también se puede hacer fuego a la barcaza.

Este sistema no se ve reflejado en la Figura 15 al ser exclusivo del CC Leopard 2E, pero su situación sería la misma que los LDU.



Figura 23. HDU

(Fuente: Manual MT6-XXX)

## 1.10 Otros Componentes

- a) Altavoz (véase Figura 27): Ubicado en el exterior del vehículo, atornillado en la parte superior de la torre. Está conectado a la PCU y emite señales acústicas audibles a distancias medias (unos 50 metros).
- b) Indicador de Estado del Vehículo (KSI – *Kill Status Indicator*) (véase Figura 26): Emite señales luminosas para marcar el estado del vehículo durante un ejercicio. Se ubica en el exterior de este, atornillado en la torre. Tiene comunicación con el dispositivo de control del ejercicio, pudiendo activarse por este por IR. Se comprueba en el BIT.
- c) Transformador y antena Bluetooth (véase Figura 28): Transforma los mensajes del bus CAN a *Bluetooth*, por lo que está dotado de una antena *Bluetooth* para comunicaciones a corto alcance. Se debe conectar cuando se vaya a traspasar los datos a la EA, ya que normalmente no estará conectado.
- d) Cableado: Con los elementos externos, con los elementos internos, de alimentación, de GPS y de RF. Los que se encuentren total o parcialmente en el exterior deben ir protegidos por una lona.
- e) Afustes: Para LTU, KSI, LDU izquierdo y derecho, PCU, TBU del tirador y JV, antena y altavoz.
- f) Maletas de Transporte



Figura 24. Altavoz

(Fuente: Manual MT4-922)



Figura 25. KSI

(Fuente: Manual MT4-922)



Figura 26. Transformador y antena *Bluetooth*

(Fuente: Manual MT4-922)

## 2. Equipo de Apoyo (EQA)

Incluye los elementos complementarios del EQE. Su componente principal es el dispositivo de control externo del ejercicio, la llamada Pistola de Árbitro (PA), ilustrada en la Figura 29.

Este dispositivo está destinado a:

- 1) Programar los DSS con la información necesaria para cada vehículo de forma que puedan realizar los ejercicios con todas sus capacidades disponibles.
- 2) Inyectar incidencias en los diferentes componentes o cambiar el estado de los participantes para añadir diferentes situaciones durante la realización de los ejercicios.
- 3) Extraer la información almacenada en el PCU durante el ejercicio para su posterior análisis en la UA.

Para realizar estas funciones correctamente cuenta con comunicación vía IR con el KSI para acceder a la información almacenada en la PCU. Cuenta con conexión directa vía USB al dispositivo de almacenamiento y análisis EA. Incluye una pantalla y un teclado para determinar la acción que se quiere que lleve a cabo, con avisos sonoros de comprobación.

Además de esto, cuenta con capacidad de autochequeo mediante BIT y un láser (Clase 1, no perjudicial) para cambiar el estado de los participantes.



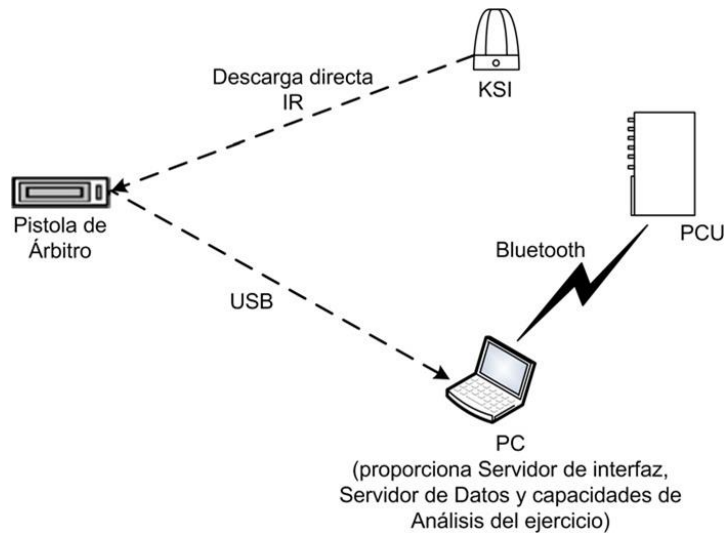
**Figura 27. PA**

(Fuente: Manual MT4-922)

## 3. Estación de Análisis (EA)

Consiste en un ordenador portátil que se usaría para cargar datos en el simulador para comenzar un ejercicio y su posterior análisis. La EA puede conectarse con la PA e intercambiar información vía USB, permitiendo la descarga de datos desde el KSI (previamente cargados en la PA por IR) a la EA, siendo una alternativa a la comunicación directa bidireccional *Bluetooth* entre la EA y la PCU (hábil a 10 metros).

Esta estación, como se ilustra en la Figura 30, se compone de un portátil ruggedizado (con capacidad de resistencia a condiciones extremas), software, conector adaptador para PA y conector adaptador para USB, IR y cables de conexión. La EA es capaz de reconstruir y presentar gráficamente y/o en modo de tablas los diferentes ejercicios, así como de organizar la información necesaria en bases de datos para estos, incluyendo parámetros de la misión, del vehículo, de las municiones o de las identificaciones.



**Figura 28. Arquitectura de conexiones entre dispositivos del DSS**

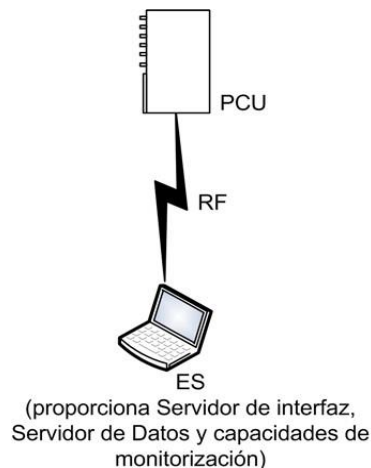
(Fuente: Manual MT4-922)

Para asegurar el correcto uso de la información recopilada, el acceso al portátil se encontraría restringido al personal habilitado para ello mediante juegos de claves.

#### 4. Estación de Seguimiento (ES)

Se trata de un dispositivo para la monitorización del ejercicio en tiempo real, con unas funcionalidades similares a las de la EA, salvo por la incapacidad de cargar previamente los datos necesarios para el ejercicio en los participantes. Es capaz de intervenir de forma directa sobre el estatus de los vehículos en el ejercicio al igual que la PA.

La ES puede conectar con otros simuladores, posee capacidades para comunicarse de forma inalámbrica con la PCU (a no más de 10 kilómetros) y puede recibir vía RF las posiciones DGPS de los equipos en funcionamiento (véase la Figura 31 para entender la arquitectura de conexión entre la ES y el PCU). Al igual que la EA, puede preparar, analizar y evaluar ejercicios *a posteriori*, así como conexión bidireccional con la PCU vía RF. La información que se puede mandar desde las PCU hasta la ES es aquella referente a los enfrentamientos entre usuarios, sus posiciones y sus estados, de forma que se puede controlar la situación del ejercicio en todo momento. La ES también cuenta con un sistema de seguridad semejante a la EA.



**Figura 29. Arquitectura de conexión entre la ES y el PCU**

(Fuente: Manual MT4-922)

Anexo C

## **Pliego de Prescripciones Técnicas**

A continuación, se va a proceder a enumerar los requisitos que debe cumplir el DSS ofrecido para el VRCC Centauro, de forma que, si no se cumpliera alguno de estos, este sería automáticamente rechazado.

## 1. Requisitos generales de funcionamiento del sistema

El DSS a adquirir para el VRCC Centauro deberá:

R1. Ser compatible con los sistemas de simulación láser actuales montados en los vehículos CC Leopard 2E y VCI/C Pizarro, con un sistema de codificación similar a este para su uso en ejercicios conjuntos.

R2. Ser compatible con los sistemas de simulación láser actuales montados en el armamento ligero HK G36 E, con un sistema de codificación similar a este para su uso en ejercicios conjuntos.

R3. Ser compatible con los sistemas internos del vehículo VRCC Centauro, de forma que pueda obtener datos de los procesadores y sistemas de información que este monta para su uso.

R4. Ser compatible con el sistema de gestión del campo de batalla, *Battlefield Management System* (BMS) actual del ET.

R5. Poder operar todas sus capacidades en cualquier condición medioambiental que pudiera darse durante el transcurso de un ejercicio, de día y de noche.

R6. Tener una resistencia al agua conforme a la clasificación IPX5.

R7. Tener una resistencia al polvo y a los objetos sólidos conforme a la clasificación IP6X.

R8. Poder usarse en unas condiciones con temperaturas entre los +44° C y los -30° C.

R9. Ser capaz de funcionar de forma ininterrumpida durante setenta y dos (72) horas sin carga externa.

R10. Ser tan pequeño y de una forma que no destaque sobre el VRCC Centauro como sea posible, de forma que no intervenga en la realización normal del ejercicio.

R11. Ser de un color semejante al VRCC Centauro y con un acabado que no refleje la luz.

R12. Contar con un sistema que contemple la probabilidad de impacto sobre el VRCC Centauro y sobre su objetivo con unas condiciones semejantes a las que se darían en un disparo normal, teniendo en cuenta la distancia y el tipo de munición empleada.

R13. Contar con un sistema que contemple la probabilidad de muerte sobre el VRCC Centauro y sobre su objetivo con unas condiciones semejantes a las que se darían con un disparo normal, teniendo en cuenta la distancia y el tipo de munición empleada.

R14. Contar con un sistema láser no dañino para la vista humana conforme a la normativa UNE EN 60825-1 /A2: 2002, siendo este de Clase 1.

R15. Ser flexible en su diseño físico y electrónico para adaptarse a posibles cambios que hubiera tanto en el interior como en el exterior del VRCC Centauro en el futuro.



R16. Ser flexible en el diseño informático para adaptarse a posibles actualizaciones que pudieran darse en los sistemas del ET.

R17. Tener dentro de la codificación del sistema láser un sistema que permita distinguir entre amigo o enemigo al iluminar a otro usuario participante.

R18. Tener cinco (5) entradas para puertos de tipo *Universal System Bus* (USB) para la conexión de periféricos.

R19. Ser capaz de almacenar la información obtenida durante 250 ejercicios completos para su posterior análisis tras la descarga de esta vía USB.

R20. Tener un sistema de autoanálisis (BIT) que realice un chequeo completo del sistema con cada encendido, incluyendo receptores, emisores, cableado y baterías.

R21. Ser activado con el uso del disparador del vehículo, independientemente de que este use munición de fogueo inerte o ninguna.

R22. Tener una pantalla que muestre el estado del vehículo en todo momento y de funcionamiento del sistema, incluyendo posibles errores de este.

R23. Ser capaz de simular de forma realista las condiciones de tiro del VRCC Centauro, incluyendo su alcance eficaz, el efecto de las condiciones del entorno y el estado del vehículo.

R24. Tener la capacidad de corregir sus desviaciones en no más de 15 minutos en cualquier condición del entorno. Estas correcciones deberán hacerse sobre el DSS y no sobre el VRCC Centauro.

R25. Ser capaz de ser montado sobre el VRCC Centauro de forma no permanente y sin modificar el vehículo en no más de 2 horas por una tripulación de 4 personas.

R26. Estar compuesto por tres dispositivos principales:

1. Dispositivo individual de cada VRCC Centauro participante, con sistema de emisión y recepción.
2. Dispositivo de control.
3. Dispositivo de almacenamiento y análisis de información.

R27. El sistema estará completamente disponible en lenguaje castellano, siendo posible su cambio al idioma inglés.

R28. Incorporar un modo de funcionamiento con capacidades parciales para situaciones de mal funcionamiento del sistema, siendo capaz de realizar fuego, recibirlo y cambiar el estatus del vehículo.

## **2. Requisitos del dispositivo individual**

R29. Cada dispositivo individual estará compuesto de un componente de emisión láser y un componente de detección. El componente de detección deberá establecer una zona de impacto acorde al perfil del vehículo y una zona de disparo cercano que de acuerdo con el perfil del vehículo más una distancia de dos (2) metros.

R30. El sistema deberá distinguir entre tres estados:

1. Destruído, con los siguientes estados:
  - 1) Destrucción Total
  - 2) Arma Principal Destruída.
  - 3) Tren de Rodaje Destruído.
  - 4) Motor Destruído.
  - 5) Comunicaciones Destruídas.
  - 6) Conductor/Tirador/Jefe de Vehículo/Radiocargador Muerto.
  - 7) Arma Principal Interrumpida.
2. Impacto, sin daños.
3. Disparo cercano.

R31. El sistema detectará la posición del arma para efectuar los disparos y será sensible al impacto en las diferentes zonas del VRCC Centauro, teniendo en cuenta que zonas son más vulnerables a un impacto.

R32. La probabilidad de muerte estará relacionada con el arma utilizada, la munición empleada y la zona del impacto, el tipo de blindaje del vehículo y el ángulo de incidencia del impacto.

R33. El estado que tenga el vehículo dentro del estado "Destruído" marcará la inoperatividad de los sistemas relacionados con ese estado en tanto que esto se haga sin riesgo para la seguridad de la tripulación.

R34. Los datos mínimos mostrados en las pantallas de los vehículos durante un enfrentamiento serán:

- a. Para el vehículo que hace fuego:
  - 1) Identificación del vehículo.
  - 2) Munición seleccionada.
  - 3) Munición restante.
  - 4) Estado del vehículo.
  - 5) Fuego sin/con incidencia. En caso de que si, que incidencia es.
- b. Para el vehículo que recibe fuego:
  - 1) Identificación del vehículo.
  - 2) Identificación del vehículo que hace fuego.
  - 3) Munición seleccionada.
  - 4) Munición restante.
  - 5) Resultado del enfrentamiento.
  - 6) Zona de impacto (si la hubiera).

R35. Las diferentes municiones serán programables, con variables para los campos de tipo de munición, tiempo de vuelo de la munición, tiempo de recarga, alcance eficaz de la munición y parámetros físicos y balísticos de la munición.

R36. El sistema permitirá el trabajo en los mismos modos de operación que el VRCC Centauro:

- Estabilizado.
- Puntería.
- Alza de combate.
- Eléctrico de Emergencia.

R37. El sistema contará con una capacidad antiengaño, que cambiará el estatus del vehículo a Destruído si se detectara algún tipo de actividad que interfiriera en el funcionamiento normal y legítimo de los módulos que componen el sistema.

R38. Ser capaz de simular municiones del tipo alto explosivo contracarro (*High Explosive Anti-Tank*), alto explosivo plástico (*High Explosive Squash Head*) perforante estabilizado con aletas (*Armour Piercing Fin-Stabilised Discarding Sabot*) y rompedora del calibre 105 mm. También deberá ser capaz de simular la munición de la ametralladora coaxial calibre 7,62 mm.

R39. El sistema tendrá acceso directo a un menú que muestre las 25 acciones más recientes durante un ejercicio.

R40. La instalación y calibración del sistema, así como su desinstalación y almacenaje en fundas protectoras se podrá realizar por las tripulaciones de cada VRCC Centauro sin ayuda externa y en menos de una hora.

R41. La alimentación principal del sistema será la dada por la fuente primaria del vehículo, aunque este deberá contar con las suyas propias en caso de apagado de esta.

R42. El sistema contará con una interfaz de solución de problemas y guía para los usuarios.

R43. El sistema mostrará una simulación del disparo por los visores del Tirador y del JV.

### **3. Requisitos de los sistemas complementarios**

R44. El sistema contará con una configuración de sólo recepción montable en cualquier vehículo con los ajustes apropiados, de forma que se pueda simular cualquier otro vehículo participante en el combate. Estos vehículos se podrán programar antes del inicio del ejercicio, contando con los mismos sistemas de aviso sonoros y luminosos, los estados de Destruído o Disparo Cercano.

R45. El sistema contará con un dispositivo de control externo a los participantes. Este deberá ser portátil y transportable por una sola persona, con las capacidades de:

- a. Enviar los códigos necesarios a un vehículo para su participación en un ejercicio a una distancia de 200 metros.
- b. Mostrar la identificación y el estado de un vehículo al orientar el dispositivo a su posición.
- c. Devolver el estado de un vehículo a su estado original o modificarlo para inyectarle diferentes incidencias, que aparecerán en la pantalla del vehículo.
- d. Sincronizar temporalmente a todos los sistemas de los vehículos participantes.
- e. Modificar la cantidad de munición en un vehículo.
- f. Introducir los datos iniciales necesarios para el ejercicio en cada vehículo.

R46. Se desarrollará un dispositivo para el almacenamiento de información de los sistemas de cada vehículo para su posterior análisis. Estos datos deberán estar en un formato estandarizado industrial. El personal autorizado a las descargas de datos de los DSS podrá hacerlo de forma remota mediante el envío de datos del DSS aprovechando las capacidades de transmisión de datos vía IR o 'Bluetooth'. También podrá hacerse por vía directa mediante dispositivos USB.

R47. Se desarrollará un dispositivo para el seguimiento el ejercicio que conecte con los DSS de los vehículos participantes, permitiendo al personal autorizado la monitorización de los ejercicios en directo con datos sobre los enfrentamientos, la posición de los VRCC Centauro y su estatus en cada momento.

#### **4. Requisitos logísticos y de mantenimiento**

R48. El DSS individual para cada vehículo tendrá un funcionamiento umbral de quinientas (500) horas y objetivo de setecientas cincuenta (750) horas. El sistema individual de solo recepción adaptable a otros vehículos tendrá un funcionamiento umbral de ochocientas (800) horas y objetivo de mil cuatrocientas (1.400) horas. El dispositivo de control externo tendrá un funcionamiento umbral de mil quinientas (1.500) horas y objetivo de tres mil (3.000) horas. El dispositivo para almacenamiento y análisis de información tendrá un funcionamiento umbral de mil quinientas (1.500) horas y objetivo de tres mil (3.000) horas.

R49. El sistema estará diseñado de forma que su mantenimiento y su puesta en servicio sea tan sencillo como sea posible y con el mínimo de personal, piezas, herramientas y equipo.

R50. El mantenimiento llevado a cabo por los usuarios incluirá todo aquello que implique limpieza, cambio de baterías y cambio de piezas de fácil acceso y sencillez. Todas las demás tareas de mantenimiento serán llevadas a cabo por la empresa responsable del sistema.

R51. La empresa adjudicataria deberá realizar una serie de manuales para explicar el funcionamiento, montaje y desmontaje, almacenamiento y limpieza del sistema. También deberá adjuntar la documentación necesaria y vídeos de cada proceso que pueda necesitar el sistema para su uso normal y mantenimiento.

R52. La empresa adjudicataria deberá formar a personal del ET para su especialización en el sistema a adquirir.

R53. La empresa adjudicataria proveerá al ET de todo el material informático necesario para el correcto uso del sistema.

R54. Los sistemas deberán poder transportarse, instalarse y desinstalarse sin necesidad de utilizar materiales ajenos al ET.

R55. El plan de distribución se ajustará a la cantidad de VRCC Centauro que haya en una unidad. Este plan incluirá un dispositivo de control externo y un dispositivo para el almacenamiento y análisis de información por cada unidad tipo Escuadrón. Se incluirá un dispositivo de solo recepción por cada unidad tipo Sección.

R56. Antes del desarrollo final del sistema se creará una primera serie de prototipos de prueba para la unidad seleccionada. Esta serie será sometida a los ejercicios pertinentes, de los que se extraerán posibles cambios que deberán aplicarse al modelo final en caso de ser aprobados por ambas partes.

R57. La capacidad de trabajo inicial se dará cuando la primera unidad seleccionada reciba dispositivos individuales y de control externo suficiente para realizar un ejercicio de doble acción con éxito. La capacidad de trabajo completa se dará cuando todas las unidades de caballería del ET con VRCC Centauro sean capaces de realizar ejercicios de doble acción con éxito y uso de todos los dispositivos complementarios.

R58. La entrega de los sistemas se realizará a cargo de la empresa contratada en las unidades de destino.

R59. Todas las piezas componentes del DSS se encontrarán registradas en el Sistema de Gestión Logística del Ejército (SIGLE).

Anexo D

## **Posible localización de componentes del DSS del VRCC Centauro**

La composición final del DSS estará formada por los elementos descritos en el Anexo C. La instalación/desinstalación del sistema se realizará en no más de 120 minutos, quedando la posible disposición final conforme a la manera mostrada en la Tabla 11, donde se especifican el componente, la cantidad, la localización y el número representativo (los de los componentes internos en color rojo y los de los externos en color negro) en el esquema que aparece en la Figura 32. En caso de que por cuestiones de diseño esta distribución no resultara óptima debería asemejarse lo máximo posible.

	Componente	Ctd.	Localización	Esquema Fig. 32
<b>Componentes internos</b>	CU	1	Pared lateral derecha de la torre en la zona del JV	1
	LU	1	Pared lateral izquierda de la torre en la zona del Cargador	2
	PCU	1	Parte delantera del compartimento del Cargador, en la barcaza	3
	TBU	1	En el visor del Tirador (EMES) y el JV	4
	DBOX	1	Parte delantera del compartimento del Cargador, en la barcaza, al lado de PCU	5
<b>Componentes externos</b>	Transformador Bluetooth	1	Sobre la PCU	6
	LDU	2	Encima de la torre y bajo el KSI	7
	LTU	1	En la boca del tubo cañón	8
	HDU	2	En los laterales de la torre	9
	KSI	1	Encima de la torre	10
	Altavoz	1	En la parte delantera de la torre, a la izquierda	11
	Antena RF/GPS	1	En la parte delantera de la torre, a la derecha	12
	Antena Bluetooth	1	En la parte delantera de la torre, a la derecha	13
	Afustes	-	Cada uno en la localización del componente que ajusta mediante tornillería	-

Tabla 9. Localización de componentes principales del DSS del VRCC Centauro

(Fuente: Elaboración Propia)

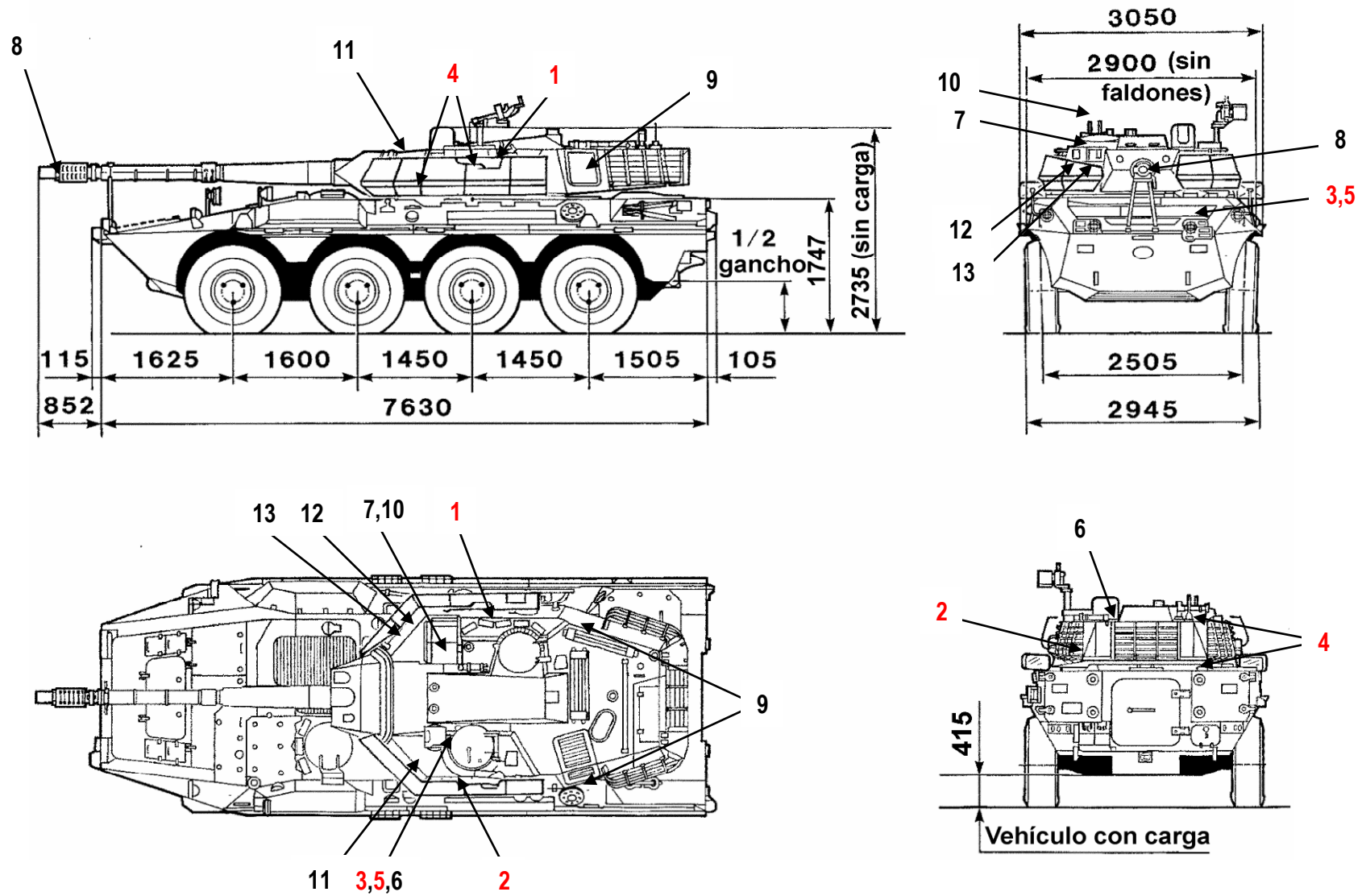


Figura 30. Planta, perfil y alzado del VRCC Centauro con posible distribución de componentes del DSS

(Fuente: Elaboración Propia sobre ilustración base extraída del Manual MT6-036-T1)

## Bibliografía

- [1] Ministerio de Defensa. Departamento de Comunicación del Ejército de Tierra, «Ejército de Tierra,» Gobierno de España, 2012. [En línea]. [http://www.ejercito.mde.es/unidades/Madrid/div\\_castillejos/index.html](http://www.ejercito.mde.es/unidades/Madrid/div_castillejos/index.html). [Último acceso: 08 10 2018].
- [2] Departamento de Ciencia Militar, Academia de Caballería, Anexo A, Organización de la Caballería, Valladolid, 2017.
- [3] Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Características Generales del Vehículo» de MI-201, Tripulación del VRCC "Centaurio", pp 1/5-1/11, 2015.
- [4] Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Características Genereales y Datos Técnicos» de Manual Técnico, Vehículo de Reconocimiento y Combate (VRC-105) "Centaurio" Mantenimiento de Segundo Escalón Tomo I/1 - (Casco) MT6-036, pp. 2/1-2/9, 2005.
- [5] J. M. Braojos, «Sistemas de Simulación,» *Revista Española de Defensa*, vol. 25, nº 283, pp. 6-13, 2012.
- [6] Mando de Adiestramiento y Doctrina, MT6-XXX, Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E , Manual de operación, 2006.
- [7] Mando de Adiestramiento y Doctrina, MT4-922, Simulador de Duelo Láser Pizarro, Manual de Operación, Madrid, 2008.
- [8] J. M. Braojos, «Simulación como Herramienta,» *Revista Española de Defensa*, vol. 4, nº 283, pp. 6-10, 2012.
- [9] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002). [En línea] [https://www.sprl.upv.es/pdf/LASERES%20nueva%20clasificacion%20ntp\\_654%20UNE%20EN%2060825\\_1\\_A2\\_2002.pdf](https://www.sprl.upv.es/pdf/LASERES%20nueva%20clasificacion%20ntp_654%20UNE%20EN%2060825_1_A2_2002.pdf). [Último acceso: 08 10 2018].
- [10] E. Villarejo, «Paintball láser para adiestrar en el combate,» Blogs ABC. 13 11 2013. [En línea]. <http://abcblogs.abc.es/terra-mar-aire/public/post/paintball-laser-para-adiestrar-en-el-combate-16485.asp/>. [Último acceso: 17 09 2018].
- [11] A. Ros Pau, CENAD San Gregorio. Un referente en las FAS españolas para el entrenamiento mediante simulación. «defensa.com» 17 10 2013. [En línea]. <https://www.defensa.com/reportajes/cenad-san-gregorio-referente-fas-espanolas-para-entrenamiento>. [Último acceso: 18 09 2018].
- [12] BOE núm. 168, de 14 de julio de 2012, páginas 33209 a 33210. [En línea] [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-B-2012-24642](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-B-2012-24642). [Último acceso: 18 09 2018].
- [13] J. M. G. Montaña, «La nueva DGAM - Dirección General de Armanento y Material», *Revista Española de Defensa*, 01 06 2015. [En línea]. <http://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2015/red-318-nueva-dgam.pdf>. [Último acceso: 17 09 2018].
- [14] BOE núm. 165, de 11 de julio de 1997, páginas 21350 a 21351 [En línea]. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-15504>. [Último acceso: 17 09 2018].
- [15] B. Carrasco, «Simulación en España,» *Perfiles IDS*, pp. 49; 68-70, 2011. [En línea]. <https://www.infodefensa.com/publicaciones/perfiles-simulacion-espana/files/assets/basic-html/page68.html>. [Último acceso: 17 09 2018].
- [16] Ministerio de Defensa. Departamento de Comunicación del Ejército de Tierra, «Ejército de



- Tierra,» Gobierno de España, 2012. [En línea].  
[http://www.ejercito.mde.es/unidades/Zaragoza/cenad\\_san\\_gregorio/](http://www.ejercito.mde.es/unidades/Zaragoza/cenad_san_gregorio/). [Último acceso: 08 10 2018].
- [17] United States Department of the Army . Headquarters, «Infantry-live fire training,» de TC 7-9, Washington D.C., 2014, pp. 1/1-1/7. [En línea]  
<http://8tharmy.korea.army.mil/safety/Toolbox/Resources/Publications/tc7-9.pdf>. [Último acceso: [23 09 2018].
- [18] Unite States Army Adquisition Support Center, Instrumentable - multiple integrated laser engagement system (I-MILES). 01 01 2018. [En línea]. <https://asc.army.mil/web/portfolio-item/instrumentable-multiple-integrated-laser-engagement-system-i-miles/>. [Último acceso: 22 09 2018].
- [19] TecnoBit, Grupo Oesía. Portfolio Grupo Oesía, «Simuladores de duelo», 01 01 2018. [En línea] <http://grupooesia.com/portfolio-productos-ingenieria/simuladores-de-duelo/>. [Último acceso: 22 09 2018].
- [20] Rheinmetall Group, «Rheinmetall to equip Bundeswehr with new laser duel simulators Rheinmetall to equip Bundeswehr with new laser duel simulators» 29 04 2016. [En línea]. [https://www.rheinmetall.com/en/rheinmetall\\_ag/press/news/archiv/archive2016/index\\_8064.php#](https://www.rheinmetall.com/en/rheinmetall_ag/press/news/archiv/archive2016/index_8064.php#). [Último acceso: 22 09 2018].
- [21] Plataforma de Contratación del Sector Público, «Contratación del Estado,» 19 12 2012. [En línea]. [https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/e27738d7-ffa-4a8d-8c07-809807e3c9e5/DOC\\_FORM2012-438811.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/e27738d7-ffa-4a8d-8c07-809807e3c9e5/DOC_FORM2012-438811.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE). [Último acceso: 01 10 2018].
- [22] Plataforma de Contratación del Sector Público, «Contratación del Estado,» 18 06 2014. [En línea]. [https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/4cf6c801-fd6a-4872-95a9-cdcf452b2a86/DOC\\_CAN\\_ADJ2014-605851.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/4cf6c801-fd6a-4872-95a9-cdcf452b2a86/DOC_CAN_ADJ2014-605851.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE). [Último acceso: 01 10 2018].
- [23] Plataforma de Contratación del Estado, «Contratación del Estado,» 26 08 2014. [En línea]. [https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/fc9b7618-45c0-4648-8f3d-2b603da0a547/DOC\\_FORM2014-632465.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/fc9b7618-45c0-4648-8f3d-2b603da0a547/DOC_FORM2014-632465.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE). [Último acceso: 01 10 2018].
- [24] Plataforma de Contratación del Estado, «Contratación del Estado,» 21 10 2013. [En línea]. [https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/aa597a39-3cfd-457e-a5fa-7955ec2079c9/DOC\\_CAN\\_ADJ2013-519403.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/aa597a39-3cfd-457e-a5fa-7955ec2079c9/DOC_CAN_ADJ2013-519403.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE). [Último acceso: 01 10 2018].
- [25] Plataforma de Contratación del Estado, «Contratación del Estado,» 10 02 2014. [En línea]. [https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/15bc523f-aa27-4951-87cb-c2f43a32ab58/DOC\\_CAN\\_ADJ2014-557643.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/15bc523f-aa27-4951-87cb-c2f43a32ab58/DOC_CAN_ADJ2014-557643.html?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE). [Último acceso: 01 10 2018].
- [26] Ministerio de Defensa. Departamento de Comunicación del Ejército de Tierra,, «Fuerza Logística Operativa (FLO), Gobierno de España, 2012. [En línea].  
[http://www.ejercito.mde.es/unidades/Coruna/flo/Organizacion/Organizacion\\_Cuartel\\_General.html](http://www.ejercito.mde.es/unidades/Coruna/flo/Organizacion/Organizacion_Cuartel_General.html). [Último acceso: 09 10 2018].
- [27] Departamento de Ciencia Militar, Mando de Adiestramiento y Doctrina, de *Táctica y*

*Logística I, AGM-CM-01, Zaragoza, 2014, pp. 5/23-5/24; C/10-C/11.*

- [28] BOE núm. 149, de 23 de junio de 2017, Otras disposiciones, página 51799. [En línea]. <https://boe.es/boe/dias/2017/06/23/pdfs/BOE-A-2017-7190.pdf>. [Último acceso: 09 10 2018].
- [29] Ministerio de Defensa, «Programa vehículo de combate Pizarro,» 06 2018. [En línea]. <http://www.defensa.gob.es/Galerias/dgamdocs/programa-PIZARRO.pdf>. [Último acceso: 09 10 2018].
- [30] F. P. Fernández. Mateos, «Presente y futuro de los medios acorazados españoles,» *Perfiles/DS*, pp. 30-33, 2010.
- [31] Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E, » Manual de Operación MT6-XXX, Madrid, 2006.
- [32] Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Simulador de Duelo Pizarro», Manual de Operación MT4-922, Madrid.