



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Comparación de sistemas de armas por control remoto para integrarlos en los Vehículos de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT)

Autor

CAC. D. Daniel García Navarro

Director/es

Director académico: D. Iván Cristóbal Monreal  
Director militar: Cap. D. Juan José Montero Rodríguez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2021





## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer al Comandante de Caballería D. Alberto García García y al Capitán de Caballería D. Jaime Baylos González de la Academia General Militar por guiarme en los primeros pasos como jinete del ET. Desde el primer momento trataron de inculcarme el Espíritu Jinete y transmitirme sus conocimientos sobre el Arma de Caballería.

Agradecer a todo el personal del 1º Escuadrón de RC “Farnesio” nº12 la acogida a lo largo de las prácticas. Ellos me han permitido descubrir el día a día de una Unidad de Caballería, mostrándome tanto lo bueno como lo malo con total sinceridad. Expresar mi gratitud a mi Director Militar el Capitán de Caballería D. Juan José Montero Rodríguez por su constante esfuerzo para que aprovecharse al máximo las Prácticas Externas. También a los Tenientes de Caballería D. Álvaro Gago Inyesto y D. Pablo López Miranda por compartir conmigo su tiempo de trabajo. Mencionar especialmente a los componentes de la Sección de Exploración y Vigilancia, que me han permitido obtener todo lo necesario para la realización de este TFG.

También agradecer a mi Director Académico D. Iván Cristóbal Monreal por el apoyo durante los primeros baches del trabajo y por el esfuerzo dedicado al mismo hasta el último momento. Gracias a sus consejos y dedicación se ha podido obtener un trabajo lo más correcto posible.

Por último, agradecer a mi familia por su apoyo, ya que sin su presencia y consejos en los momentos más difíciles nada de esto hubiese sido posible.

Finalmente, gracias a todos.





## RESUMEN

La finalidad de este trabajo consiste en estudiar distintos sistemas de armas por control remoto para sustituir el obsoleto RCWS “MiniSamson” que equipa el Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT). Para conseguir este objetivo se ha realizado un análisis utilizando el método de jerarquización analítica AHP.

Para tratar de resolver el problema de obsolescencia, es muy importante conocer la opinión que los militares tienen sobre el vehículo y sistema de armas. Para ello, mediante una encuesta realizada a todo el personal del primer Escuadrón del RC “Farnesio” nº12, los encuestados expresaron sus experiencias e indicaron las características técnicas (criterios y subcriterios) más importantes que debe tener un sistema de armas por control remoto.

Con la intención de utilizar correctamente los resultados de la encuesta, estos son analizados por un grupo de expertos. Este grupo, compuesto por personal que trabaja directamente con los sistemas, también es sometido a entrevistas individuales para ordenar las características técnicas por importancia. A partir de esas características se seleccionan las alternativas que podrían sustituir al sistema de armas actual y se busca información técnica en artículos de revistas, páginas web y las propias empresas fabricantes.

Con toda la información obtenida (características y alternativas) se aplica el método de análisis multicriterio Analytic Hierarchy Process (AHP) para tomar una decisión. Con el apoyo del software *Expert Choice* se realizan todos los cálculos matemáticos necesarios y se consigue un resultado, en este caso, la alternativa “Guardian 2.0” se antepone a las demás. Para comprobar la consistencia del resultado obtenido, ya que hay dos alternativas con puntuaciones muy parecidas, se realiza un análisis de sensibilidad que ayude a tomar la decisión final.

Después de comprobar que tanto el “Guardian 2.0” como el “Protector M-151” pueden sustituir el sistema de armas actual, se decide tener en cuenta el origen de fabricación para elegir la alternativa más importante que podría sustituir finalmente al sistema actual. El “Guardian 2.0” al ser diseñado y fabricado en España por una empresa nacional, tiene una gran ventaja logística sobre el otro sistema de armas.

En conclusión, la sustitución del sistema de armas actual es una prioridad para el ejército español, consiguiendo solucionar el problema de obsolescencia presente.

## PALABRAS CLAVE

Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT), Proceso Jerárquico Analítico (AHP), Sistema de armas por control remoto, RCWS “MiniSamson”



## ABSTRACT

The purpose of this work is to study different remote-controlled weapon systems to replace the obsolete RCWS "MiniSamson" that equips the VERT. To achieve this objective, an analysis has been carried out using the AHP analytical hierarchy method.

To try to solve the problem of obsolescence, it is very important to know the military's opinion of the vehicle and weapon system. To this end, by a survey carried out among all the personnel of the 1st Squadron of the RC "Farnesio" nº12, the respondents expressed their experiences and indicated the most important technical characteristics (criteria and sub-criteria) that a remote-controlled weapon system should have.

In order to use the results of the survey correctly, they are analysed by a group of experts. This group, composed of personnel working directly with the systems, is also subjected to individual interviews to rank the technical characteristics by importance. Based on these characteristics, alternatives that could replace the current weapon system are selected and technical information is sought from magazine articles, websites, and the manufacturing company themselves.

With all the information obtained (characteristics and alternatives), a multi-criteria analysis method Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied to decide. With the support of the Expert Choice software, all the necessary mathematical calculations are carried out and a result is obtained, in this case, the "Guardian 2.0" alternative takes precedence over the others. To check the consistency of the result obtained, since there are two alternatives with very similar scores, a sensitivity analysis is carried out to help make the final decision.

After verifying that both the "Guardian 2.0" and the "Protector M-151" can replace the current weapon system, it is decided to consider the origin of manufacture to choose the most important alternative that could eventually replace the current system. The "Guardian 2.0", being designed and manufactured in Spain by a national company, has a great advantage over the other weapon system.

In conclusion, the replacement of the current weapon system is a priority for the Spanish army, thus solving the current obsolescence problem.

## KEYWORDS

VERT, Analytical Hierarchical Process (AHP), Remote control weapon system, RCWS "MiniSamson"



## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>III</b>
<b>PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>KEYWORDS.....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Marco del proyecto .....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.4 Alcance .....	2
1.5 Metodología .....	2
<b>2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT) .....	4
2.2 Problemas de RCWS “MiniSamson” .....	6
2.3 Estado del arte.....	7
<b>3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>11</b>
3.1 Necesidades del nuevo RCWS .....	11
3.2 Encuestas y entrevistas.....	12
3.3 Sistemas de armas candidatos.....	13
<b>4 ANÁLISIS PARA LA TOMA DE DECISIONES .....</b>	<b>13</b>
4.1 Presentación del método AHP .....	13
4.2 Aplicación del método AHP .....	16
4.3 Análisis de sensibilidad .....	22
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
5.1 Líneas futuras .....	26
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> VERT .....	2
<b>Figura 2.</b> RG-31 Mk5E Nyala.....	2
<b>Figura 3.</b> Organigrama de un Escuadrón Ligero Acorazado (ELAC) .....	4
<b>Figura 4.</b> Organigrama de una Sección de Exploración y Vigilancia (SEV) .....	5
<b>Figura 5.</b> URO VAMTAC ST5 .....	5
<b>Figura 6.</b> Partes del VERT .....	6
<b>Figura 7.</b> Prueba del Cougar HE MRAP soportando una explosión IED .....	8
<b>Figura 8.</b> "CROWS M153" sobre HMMWV .....	8
<b>Figura 9.</b> Sensor "LRAS3" sobre HMMWV .....	8
<b>Figura 10.</b> "CROWS M153" sobre Oshkosh M-ATV .....	9
<b>Figura 11.</b> Hornet RCWS sobre VBMR Griffon .....	9
<b>Figura 12.</b> "Predator M151" sobre IVECO LMV .....	10
<b>Figura 13.</b> "FLW 200" sobre Fennek.....	10
<b>Figura 14.</b> Ejemplo de árbol de jerarquías del método AHP. ....	14
<b>Figura 15.</b> Árbol de jerarquías del análisis multicriterio. ....	17
<b>Figura 16.</b> Pesos de los subcriterios del criterio "Movilidad" .....	19
<b>Figura 17.</b> Criterios ordenados jerárquicamente .....	21
<b>Figura 18.</b> Alternativas ordenadas jerárquicamente .....	22
<b>Figura 19.</b> Gráfica de orden de prioridad por criterios. ....	22
<b>Figura 20.</b> Gráfico para análisis de sensibilidad. ....	23
<b>Figura 21.</b> Análisis de sensibilidad del criterio "Potencia de fuego" .....	24
<b>Figura 22.</b> Análisis de sensibilidad del criterio "Movilidad" .....	24
<b>Figura 23.</b> Análisis de sensibilidad del criterio "Cámara" .....	25
<b>Figura 24.</b> Dimensiones VERT .....	28
<b>Figura 25.</b> "Guardian 2.0" .....	34
<b>Figura 26.</b> "FLW-200" .....	35
<b>Figura 27.</b> "Protector M-151" .....	36
<b>Figura 28.</b> RCWS "MiniSamson" .....	37



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Escala de Saaty. ....	14
<b>Tabla 2.</b> Índice de Consistencia Aleatoria.....	15
<b>Tabla 3.</b> Ejemplo de la inconsistencia de la matriz de comparación de los criterios. ....	18
<b>Tabla 4.</b> Matriz de comparación consistente.....	18
<b>Tabla 5.</b> Matriz de comparación de subcriterios del criterio "Movilidad".....	19
<b>Tabla 6.</b> Pesos (kg) de las alternativas. ....	20
<b>Tabla 7.</b> Matriz de comparación de alternativas respecto del subcriterio "Peso".....	21
<b>Tabla 8.</b> Datos técnicos VERT.....	28
<b>Tabla 9.</b> Resultados de las entrevistas a los expertos.....	33
<b>Tabla 10.</b> Datos técnicos "Guardian 2.0".....	34
<b>Tabla 11.</b> Datos técnicos "FLW-200".....	35
<b>Tabla 12.</b> Datos técnicos "Protector M-151".....	36
<b>Tabla 13.</b> Datos técnicos RCWS "MiniSamson".....	37



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AHP	Proceso Jerárquico Analítico (del inglés, <i>Analytic Hierarchy Process</i> )
CA	Consistencia Aleatoria
Cap.	Capitán
DIDOM	Dirección de Investigación, Doctrina Orgánica y Materiales
ELAC	Escuadrón Ligero Acorazado
ET	Ejército de Tierra
GLAC	Grupo de Caballería Ligero Acorazado
HMMWV	Vehículo de Ruedas Multipropósito de Alta Movilidad (del inglés, <i>High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle</i> )
IC	Índice de Consistencia
IED	Artefacto Explosivo Improvisado (del inglés, <i>Improvised Explosive Device</i> )
IP	Protocolo de Internet (del inglés, <i>Internet Protocol</i> )
IR	Radiación Infrarroja (del inglés, <i>Infrared Radiation</i> )
JSEV	Jefe de la Sección de Exploración y Vigilancia
LMV	Vehículo Ligero Polivalente (del inglés, <i>Light Multirole Vehicle</i> )
MRAP	Resistente a las Minas y Protegido contra Emboscadas (del inglés, <i>Mine Resistant Ambush Protected</i> )
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
OTEOS	Sistema Electro-Óptico de Observación y Seguimiento (del inglés, <i>Observation and Tracking Electro-Optical System</i> )
RC	Regimiento de Caballería
RCWS	Sistema de Armas por Control Remoto (del inglés, <i>Remote Controlled Weapon System</i> )
RI	Relación de Inconsistencia
SERT	Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre
SEV	Sección de Exploración y Vigilancia
VAB	Vehículo Blindado Frontal (del francés, <i>Véhicule de l'Avant Blindé</i> )
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctico
VBMR	Vehículo Blindado Polivalente (del francés, <i>Véhicule Blindé Multi-rôles</i> )
VERT	Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Marco del proyecto

El arma de Caballería se caracteriza principalmente por su misión de **reconocimiento** del terreno, por proporcionar **seguridad** a las unidades propias y por el **contacto** con el enemigo durante el combate [1]. Por ello, es imprescindible contar con medios rápidos y ágiles que permitan desarrollar estas misiones de la mejor forma posible.

En los últimos años la evolución de la tecnología ha sido muy rápida, provocando una necesidad constante de actualización para evitar que los equipos queden obsoletos. Esta evolución tecnológica afecta también a los escenarios bélicos, que cambian constantemente.

La necesidad de tener información sobre los aspectos físicos del terreno o sobre datos del enemigo (número, velocidad y forma con la que avanzan), adquiere gran relevancia en las operaciones militares. El Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (en adelante VERT), el más moderno en dotación, es el encargado de conseguir esa información para que las misiones se realicen de la manera más segura posible. Debido a que la obtención de información se realizará en ambientes de conflicto con probable presencia de enemigo, es necesario utilizar los últimos avances tecnológicos para que el vehículo llegue a convertirse en una plataforma segura a emplear por el arma de Caballería.

## 1.2 Justificación

Debido a la necesidad del arma de obtener información precisa y detallada para cumplir con las misiones asignadas, es muy posible que en ocasiones, los vehículos que la obtienen, entren en contacto con el enemigo. Para garantizar la seguridad de la tripulación es necesario que el sistema de armas que equipa sea fiable y preciso.

El RG-31 Mk5E Nyala, en dotación desde el año 2009 en el Ejército de Tierra español, es un vehículo anterior al VERT que usa el sistema de armas por control remoto RCWS "MiniSamson". Esta arma consiste básicamente en una torre giratoria de tamaño reducido, controlada remotamente desde el interior del vehículo, donde el usuario del sistema solo tiene que asomarse por la escotilla del techo del vehículo para colocar la munición en el cajón de uso inmediato.

Debido al buen funcionamiento de este sistema de armas sobre el RG-31, se decidió montarlo también sobre el VERT. El primer prototipo de VERT se entregó a finales de 2015 al RC "España" nº11, ubicado en Zaragoza [2]. Desde ese momento las tripulaciones comenzaron a estudiar y probar los sistemas que equipa el VERT para obtener el máximo potencial de los mismos. Durante este proceso de aprendizaje se detectaron fallos que afectaban a la utilización de los sistemas, incluido el sistema de armas. El resultado de combinar un sistema de armas relativamente obsoleto, con un vehículo tecnológicamente moderno, no fue bueno. Frente a este problema de obsolescencia, surge la necesidad de sustituir el sistema de armas por otro más moderno que mejore las capacidades que presenta el actual. De esta manera, los VERT contarán con una mayor autoprotección, necesaria para cumplir con éxito la misión encomendada.



**Figura 1.** VERT



**Figura 2.** RG-31 Mk5E Nyala

### 1.3 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es encontrar un sistema de armas que pueda sustituir al actual del vehículo VERT, y que se adapte mejor a las necesidades del Ejército de Tierra español. De tal manera, que el vehículo pueda llevar a cabo sus funciones de obtención de información de una forma lo más segura posible. Además, se han detectado dos objetivos parciales que ayudan a lograr el principal. El primero es conocer la opinión que los usuarios tienen del sistema de armas que equipa el VERT. El segundo objetivo parcial es encontrar las características más importantes que debe tener un sistema de armas para mejorar las capacidades del actual, es decir, las características que el nuevo sistema debería mantener con respecto al anterior, cuales mejorar y qué defectos hay que solucionar.

### 1.4 Alcance

Para la consecución del objetivo final, que es encontrar y proponer un sistema de armas por control remoto mejor, se han utilizado únicamente las características técnicas del armamento, cámara y torre de movimiento, dado que estas son las partes que componen el sistema de armas.

Una información muy importante, que afectaría en el resultado final, son los estudios realizados por las empresas fabricantes. Estos estudios contienen información esencial como la vida útil del sistema, o los fallos más frecuentes y sus soluciones. La imposibilidad de obtener esa información de los fabricantes ha impedido que se pueda utilizar en el estudio comparativo.

Finalmente, es muy importante indicar que durante la realización del trabajo no se ha tenido en cuenta la parte económica para la decisión, aunque es un aspecto fundamental y limitante en el momento de adquirir cualquier equipo o material. El motivo de no tenerlo en cuenta ha sido la imposibilidad de obtener datos sobre este campo. Al tratarse de material exclusivo, las empresas utilizan el precio para negociar, de forma que no lo publican ni tampoco lo facilitan si no van a realizar una venta.

### 1.5 Metodología

Para realizar la selección de las alternativas al sistema de armas actual y el posterior análisis, se han utilizado métodos cualitativos y cuantitativos, los cuales se presentan a continuación:



### Métodos cualitativos

- Revisión documental: Por un lado, en la Biblioteca virtual del Ejército de Tierra, se han consultado manuales, documentos y publicaciones que aportan información sobre el empleo del VERT. Por otro lado, se solicitó a la Dirección de Investigación, Doctrina Orgánica y Materiales (DIDOM) toda la información relacionada con el VERT y la RCWS MiniSamson.
- Estudio de alternativas: se han analizado los avances tecnológicos que equipan los sistemas de armas más modernos. Para ello, se ha buscado información en revistas, páginas web y se ha establecido contacto con miembros de algunas empresas fabricantes.

#### **NAVANTIA**

- Responsable Ejército de Tierra y seguridad: Dña. Pilar Moyano Molina
- Jefe de programa: Javier González Frayle

#### **PAP TECNOS**

- Responsable de compra y producción: Julio Ruitiña

#### **ESCRIBANO**

- Responsable de desarrollo comercial: César Sánchez
- Directora de desarrollo de negocio Nacional: Teresa Cabezón Arias

- Encuesta: realizada a todos los miembros del Primer Escuadrón del Regimiento de Caballería Farnesio nº12, donde se encuadra la SEV. Con intención de conocer la opinión que la tropa, suboficiales y oficiales tienen sobre el sistema de armas actual, obtener los criterios y subcriterios necesarios para aplicar el método AHP (Analytic Hierarchy Process) y llegar al objetivo final.
- Entrevistas: realizadas al personal que trabaja utilizando el sistema de armas, es decir, a los componentes de la Sección de Exploración y Vigilancia (SEV) que forman el grupo de expertos. El fin de estas entrevistas es seleccionar las alternativas más adecuadas para incluir en la comparación y obtener la importancia de cada uno de los criterios y subcriterios para la realización del método AHP.

### Métodos cuantitativos

- Método AHP<sup>1</sup>: es la base del trabajo, ya que permite encontrar la mejor alternativa de las que se han propuesto. Este método se utiliza para tomar decisiones cuando estas dependen de múltiples criterios.
- Análisis de sensibilidad: una vez obtenido el resultado del método AHP, se comprueba si este es estable o cambia con ligeras variaciones en los datos que utiliza el método.

---

<sup>1</sup> AHP (Analytic Hierarchy Process) es un método de decisión desarrollado para facilitar la evaluación de distintas alternativas en función de una serie de criterios y subcriterios (variables o características), y que asesora y optimiza la toma de decisiones complejas.



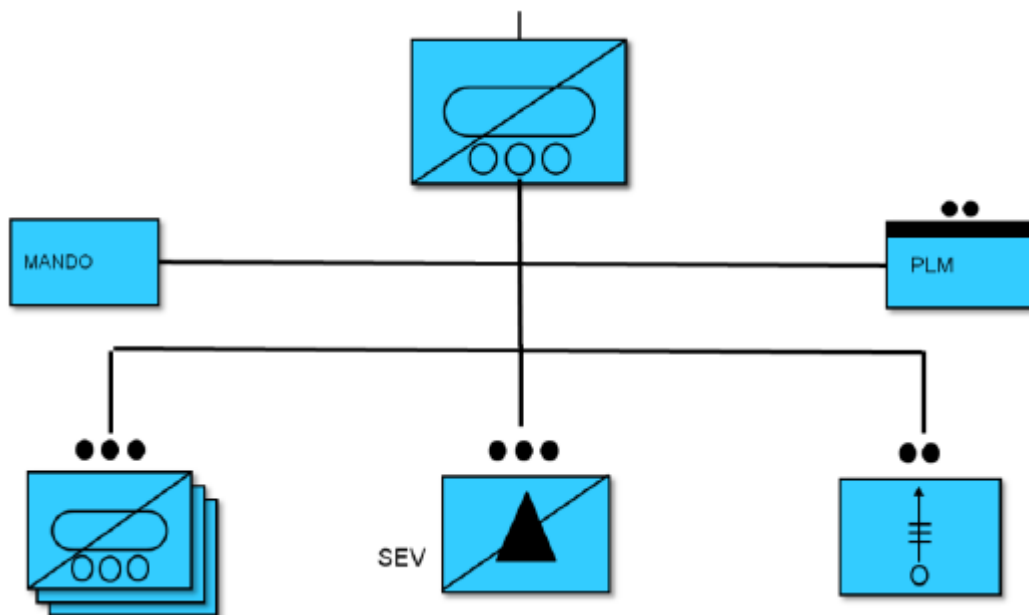
## 2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este apartado se explica el VERT, sus capacidades y la forma en la que se emplea en el Ejército de Tierra (ET). Además, se presentarán los problemas del sistema de armas actual y se analizan los sistemas que emplean otros ejércitos pertenecientes a la OTAN de nuestro entorno.

### 2.1 Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT)

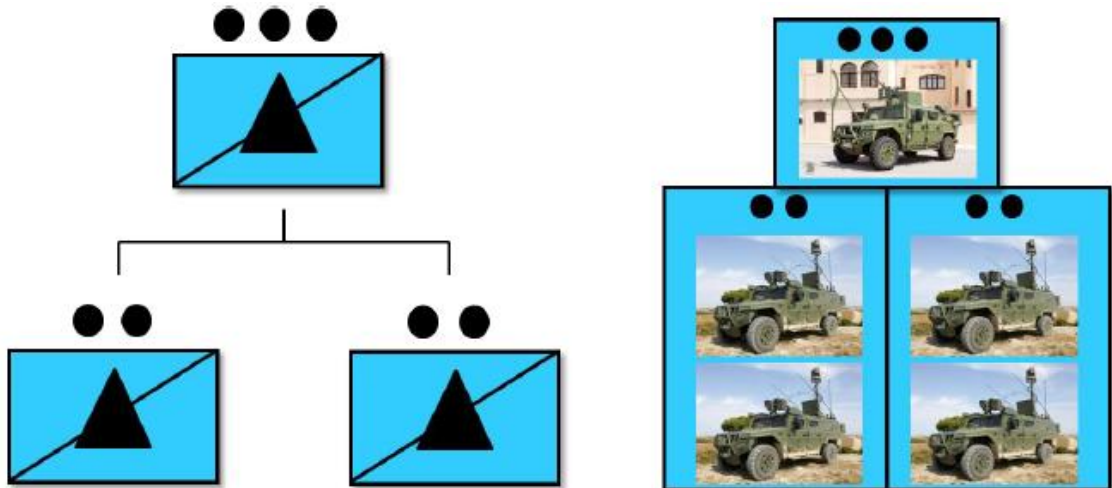
El VERT es el vehículo que utilizan las SEV de Caballería para realizar sus funciones. El vehículo equipa una serie de sistemas y sensores que le posibilitan llevar a cabo una vigilancia en profundidad del terreno y de los movimientos del enemigo. Obtener una información que no se pueda utilizar de forma rápida y útil no tendría ningún sentido, por eso también tiene la capacidad de transmitir la información recogida por los sistemas a través de radios codificadas. De esta forma se consigue un flujo rápido y seguro de información entre quien la obtiene y quien la necesita.

Las SEV según la estructura orgánica se encuadra en los Escuadrones Ligeros Acorazados, por lo que depende del Capitán del Escuadrón. Pero debido a que solo se disponen de 16 de estos vehículos, no todos los Escuadrones disponen de una SEV. Actualmente, de los 16 vehículos, 8 se encuentran en GCLAC "Reyes Católicos" II de la Legión (Ronda), 4 en RC "España" nº11 (Zaragoza) y 4 en RC "Farnesio" nº12 (Valladolid).



**Figura 3.** Organigrama de un Escuadrón Ligero Acorazado (ELAC)

La SEV según la doctrina del ET [3] está compuesta por cinco vehículos. Un URO VAMTAC ST5 (VAMTAC, Vehículo de Alta Movilidad Táctica) para el Jefe de la Sección de Exploración y Vigilancia (JSEV) y cuatro VERT separados en dos pelotones.



**Figura 4.** Organigrama de una Sección de Exploración y Vigilancia (SEV)



**Figura 5.** URO VAMTAC ST5

El VERT es un Vehículo en el que se pueden diferenciar fácilmente las tres partes [4] que lo componen: la plataforma VAMTAC ST5, el Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre (SERT) y la estación de armas. Con respecto a este último sistema, la estación de armas, es sobre el que vamos a realizar el estudio de comparación para proponer otro más moderno que ofrezca mejores prestaciones.

- Plataforma VAMTAC ST5: vehículo todoterreno sobre el que se equipan los otros sistemas.
- Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre (SERT): es un sistema de cámaras de buenas prestaciones montado sobre un mástil telescópico, lo que permite guardarlo en el interior del vehículo. El sistema está formado por una cámara diurna, una cámara térmica IR y un telémetro láser operados por el observador, que recibe la señal de las cámaras en una pantalla.
- Estación de armas: el VERT equipa el RCWS "MiniSamson", este sistema de armas remoto permite montar varios tipos de armas, aunque no de forma simultánea.



- 1 SERT
- 2 RCWS  
"MiniSamson"
- 3 Plataforma  
URO VAMTAC ST5

**Figura 6.** Partes del VERT

La tripulación de VERT está formada por el Jefe de Vehículo, un Conductor, un Observador y un Tirador. Las funciones de cada miembro son:

- Jefe de Vehículo: coordina el trabajo del resto de tripulantes. También se encarga de tomar las decisiones que influyen sobre el vehículo y de mantener el contacto a través de la radio.
- Conductor: es el encargado de manejar el vehículo y de su mantenimiento.
- Observador: es el encargado de manejar el SERT, de la localización, de la identificación y del seguimiento de objetivos.
- Tirador: es el encargado de manejar el sistema de armas.

## 2.2 Problemas de RCWS "MiniSamson"

De entre todos los problemas que presenta el VERT, en este trabajo se van a abordar los referentes al sistema de armas.

El RCWS "MiniSamson" se comenzó a producir en el año 1998, y el primer vehículo del ET que la monta es el RG-31 Mk5E Nyala, cuyas primeras unidades llegaron en septiembre de 2009. Debido al buen funcionamiento del sistema de armas sobre este vehículo en misiones en el extranjero, se decidió montar también en el VERT. El VERT es el vehículo más moderno adquirido por el ET cuyas últimas unidades llegaron al RC "Farnesio" nº12 en enero de 2019, por lo que al utilizar el RCWS "MiniSamson" se estaba montando un sistema que se estaba quedando obsoleto, en vez de equipar los últimos avances tecnológicos.

La SEV durante ejercicios de instrucción y maniobras utilizando el RCWS "MiniSamson" ha detectado algunos problemas, los cuales son:

- Sectores prohibidos: debido a que de la parte trasera del VERT sale el mástil con el SERT, el sistema de armas tiene unos sectores prohibidos para evitar hacer fuego sobre el equipo de observación. Estos sectores son demasiado conservadores, lo que permite hacer fuego en un sector de 180º hacia la parte



frontal del vehículo. Además, si se está siguiendo un objetivo con el sistema de armas y se llega al sector prohibido, este automáticamente cambia el ángulo de elevación, lo que supone perder al objetivo.

- Sensor de munición: el RCWS “MiniSamson” en el lado izquierdo lleva acoplado el contenedor para la munición de uso inmediato. Al rellenar el contenedor hay que introducir de forma manual en el sistema la cantidad de munición que se ha colocado, para que en la pantalla del tirador aparezcan en todo momento los disparos de los que se dispone. En ocasiones, este sensor falla, indicando que todavía queda munición cuando ya se ha gastado toda la que había en la caja. Esto supone que el tripulante, que tiene que salir y exponerse para volver a alimentar el arma, no sepa en qué momento lo tiene que hacer. Si el sistema se queda sin munición en una situación de contacto con el enemigo, supondría un gran riesgo para todos los tripulantes.
- Cámara: la cámara del sistema de armas (que es propia del sistema de armas e independiente de las cámaras del SERT) es algo imprescindible para poder hacer fuego efectivo sobre el objetivo. La que se monta actualmente tiene un alcance de 1500 metros. Puede parecer suficiente teniendo en cuenta que las ametralladoras que puede montar tienen un alcance parecido. Pero lo importante no es el alcance máximo que tiene la cámara, sino la resolución para poder ver claramente el objetivo. En este caso a máximo alcance la resolución no es la deseada por los tiradores. Lo ideal sería tener un cámara que no perdiese resolución con los aumentos o que tenga un alcance mayor, para que a la distancia donde la armas pueden hacer fuego efectivo la imagen sea nítida.

## 2.3 Estado del arte

Bien es cierto que varios ejércitos tienen en dotación vehículos con sistemas de armas control remoto o sistemas de observación, pero para un fin muy diferente al del VERT, el cual es obtener información durante el combate. Estos vehículos están preparados para el transporte de personal o reconocimiento de itinerarios. Además, a la mayoría se les denomina vehículos MRAP<sup>2</sup> (Mine Resistant Ambush Protected), que para proteger a los tripulantes del interior están diseñados para soportar explosiones de IED<sup>3</sup> (Improvised Explosive Device) mediante el sistema de barcaza en “V”. Este sistema consiste en que la base del vehículo, compuesta por materiales blindados, tenga forma de “V”. La finalidad de este sistema es aumentar la capacidad de supervivencia del vehículo y la tripulación del interior. Esto se consigue al desviar la explosión hacia arriba de una mina terrestre o IED lejos del vehículo, debido a que la explosión se encuentra con una parte blindada inclinada. Este blindaje en ángulo también aumenta la cantidad de material que tiene que atravesar el proyectil balístico para penetrar dentro del vehículo [5].

---

<sup>2</sup> MRAP (Mine Resistant Ambush Protected) es un término militar empleado para referirse a vehículos preparados para soportar las explosiones de minas.

<sup>3</sup> El IED (Improvised Explosive Device), es un artefacto explosivo improvisado usado frecuentemente en guerras no convencionales por guerrillas y terroristas.



**Figura 7.** Prueba del Cougar HE MRAP soportando una explosión IED

A continuación, se va a realizar un análisis de los vehículos y sistemas que utilizan otros ejércitos.

### **Ejército de Estados Unidos**

El ejército americano desde 1984 ha estado utilizando el “Humvee” [6], que es un Vehículo de Ruedas Multipropósito de Alta Movilidad (HMMWV) con dimensiones muy similares al VERT. Empezó utilizándose solo para el transporte de personal y cargas ligeras, pero con el tiempo se vio la necesidad de emplear más blindaje y de actualizarlo según iba evolucionando en distintas versiones. Este vehículo presenta 17 versiones muy distintas unas de otras. Sobre una de ellas se puede montar el sensor “LRAS3”, que se trata de una cámara de largo alcance, de menores prestaciones que el SERT, empleada en misiones de vigilancia y reconocimiento. A diferencia del VERT, este sistema no está equipado sobre un mástil y puede desmontarse para ser utilizado sobre trípode. Sobre este vehículo también se ha llegado a montar el sistema de armas remoto “CROWS M153”. Se trata de una estación de armas de origen noruego que puede montar varios tipos de ametralladoras.



**Figura 8.** “CROWS M153” sobre HMMWV



**Figura 9.** Sensor “LRAS3” sobre HMMWV



En 2009 entró en servicio el Oshkosh M-ATV, entre otros, para sustituir al HMMWV. Este vehículo de 14 toneladas, que casi dobla el peso del VERT, está diseñado para proporcionar la misma protección contra minas que los vehículos MRAP más grandes y pesados, pero con mejor movilidad. Para proporcionarse seguridad en caso de emboscada el vehículo monta la estación de armas “CROWS M153”, pero también se ha equipado con fines de demostración la R400S-Mk2 [7]. Esta es una torre que permite montar un cañón de 30 mm, lo que aumenta mucho el daño causado en el objetivo. Pero teniendo en cuenta que el VERT es un vehículo de obtención de información y que el armamento que equipa tiene que ser para autodefensa, un cañón de 30 mm se considera excesivo. Además, utilizar una torre de este tipo supone incluir un peso de 400 kg, muy superior a la torre que lleva el VERT.



**Figura 10.** “CROWS M153” sobre Oshkosh M-ATV

### **Ejército de Francia**

Francia ha incorporado recientemente a su ejército el VBMR Griffon [8] (Véhicule Blindé Multi-rôles Griffon) para sustituir al anterior VAB (Véhicule de l'Avant Blindé) de transporte de personal. Este nuevo vehículo ha ingresado en 2018 al ejército francés, por lo que es bastante nuevo y equipa la última tecnología para la gestión del campo de batalla. Las dimensiones superan en todos los aspectos las del VERT, ya que con 25 toneladas es capaz de transportar a 8 militares con total seguridad contra minas. Este vehículo monta el sistema de armas Hornet RCWS [9] que, aunque tiene las características técnicas necesarias para poderse montar sobre el VERT, es muy voluminosa, lo que provocaría problemas de estabilización en el vehículo del ejército español.



**Figura 11.** Hornet RCWS sobre VBMR Griffon



### Ejército de Italia

El vehículo para reconocimiento en combate de este ejército es el PUMA 4x4, pero no equipa cámara de observación ni sistema de armas remoto. La compañía italiana IVECO desarrolló el IVECO LMV (Light Multirole Vehicle) que está en servicio en varios países<sup>4</sup>, uno de ellos España. Con el tiempo algunos de estos ejércitos han visto la necesidad de montar un sistema de armas remoto sobre este vehículo para mejorar sus capacidades. Es el caso del ejército de la República Checa, que monta la estación de armas “Predator M-151” que posteriormente se analizará.



**Figura 12.** “Predator M151” sobre IVECO LMV

### Ejército de Alemania

El ejército alemán es el único que tiene un vehículo similar al VERT. El Fenek [10] es un vehículo de reconocimiento todoterreno que equipa un sistema de observación de menores prestaciones que el SERT y un sistema de armas remoto fabricado por la empresa alemana Krauss-Maffei Wegmann. El sistema de armas “FLW 200” es una torre en la que se pueden montar varios tipos de armas que posteriormente se analizará en el estudio comparativo.



**Figura 13.** “FLW 200” sobre Fenek

<sup>4</sup> Albania, Austria, Bélgica, Brasil, República Checa, Croacia, Eslovaquia, España, Italia, Líbano, Noruega, Reino Unido, Rusia, Túnez y Ucrania.



## 3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En esta parte del trabajo se presentan los "criterios" (características o propiedades) que se van a analizar, valorar y comparar de los distintos sistemas de armas candidatos, con el fin de elegir el más apropiado para sustituir al actual. También se van a explicar las encuestas y entrevistas realizadas, como estas han ayudado en la elección de los sistemas finales a comparar y en el desarrollo del método AHP.

### 3.1 Necesidades del nuevo RCWS

Como ya se ha visto, el VERT es un vehículo con unas dimensiones y peso más reducidos que otros vehículos de Caballería, pues su misión es la de obtener información del terreno y del enemigo sin ser detectado. A diferencia de otros vehículos como los de combate, el VERT no va a participar en enfrentamientos directos con otros vehículos, pues no debe empeñarse en el combate. Aun así, necesita de un armamento que le permita autodefenderse en situaciones de posible contacto con el enemigo, mientras está realizando sus cometidos.

Teniendo en cuenta las consideraciones del grupo de expertos, se presentan las necesidades que debe tener el nuevo sistema de armas por control remoto.

Si en primer lugar se toman las características de peso y altura, conviene que sean las menores posibles. El VERT es un vehículo con un peso en torno a las 9 toneladas y una potencia de 217 CV, por lo cual su agilidad es bastante reducida. Cuanto menos pese el sistema de armas, la movilidad del vehículo mejorará considerablemente. La altura total del sistema de armas también afecta negativamente al vehículo si este se está moviendo. Si es demasiado alta elevará el centro de gravedad del vehículo y lo hará más inestable, dificultando la agilidad de los desplazamientos y la adopción de buenas posiciones de observación.

También es muy importante que el movimiento de la torre sea fluido y que de confianza al tirador que maneja el sistema de armas a través del panel de control. Este panel de control ha de tener una iconografía intuitiva para facilitar el uso al tirador en situaciones de tensión durante el combate. La opción de modificar la sensibilidad del joystick que se utiliza para mover el sistema en elevación y dirección, también es imprescindible para adaptarlo a las necesidades de la persona que maneja el sistema. Con este ajuste se consigue que el tirador adquiera objetivos mucho más rápido.

Como se está hablando de un sistema de control remoto es necesario un medio de observación que permita al tirador saber a qué está apuntando. La cámara del propio sistema de armas deberá tener la mayor resolución posible para ofrecer una imagen clara y limpia, además de un buen enfoque para proporcionar nitidez rápidamente en el momento en que la torre para de girar. Con el fin de garantizar que el arma se puede utilizar en cualquier condición meteorológica, de día y de noche es necesario que también cuente con una cámara infrarroja independiente de la que utiliza el SERT.

Uno de los requisitos más necesarios a la hora de realizar un disparo con cualquier arma es conocer la distancia a la que está el objetivo, para saber si con el arma que se está empleando es posible alcanzarlo. En este caso, como el tirador se encuentra dentro del vehículo es imposible que calcule esa distancia de forma visual. El sistema óptico del sistema de armas también deberá equipar un telémetro láser independiente del que usa el SERT, que mediante la activación por el tirador muestre en pantalla la distancia hasta el objetivo designado.

El sistema de armas control remoto ideal sería aquel que reuniese todo lo anterior, fabricado con los mejores materiales y la última tecnología. Pero el resultado sería algo extremadamente caro y difícil de encontrar en el mercado, ya que unos sistemas son mejores en unos campos y



otros sistemas destacan en otros totalmente distintos. Por eso, todo lo que se ha comentado anteriormente es necesario ordenarlo por importancia. De esta forma se será consciente de qué tiene que equipar obligatoriamente el sistema que se necesita y qué es menos importante, pudiendo aceptar menor calidad o incluso obviarse.

## 3.2 Encuestas y entrevistas

### Encuesta

El principal objetivo de la encuesta es conocer la opinión que se tiene del VERT y su sistema de armas, además de obtener los criterios y subcriterios necesarios para la matriz de toma de decisiones de método AHP. La encuesta se realizó a todos los miembros del primer escuadrón del RC "Farnesio" nº12, formado por 52 militares: cuatro oficiales, diez suboficiales y 38 militares de tropa. La razón por la que se realizó a todo el personal sin distinguir entre rangos y experiencia fue para obtener la mayor información posible. Tanto el personal con experiencia y conocimientos en los sistemas estudiados como los que no conocen en profundidad este material pueden aportar ideas importantes para tener en cuenta. Toda esa información se filtraría posteriormente durante las entrevistas al grupo de expertos.

La encuesta se lanzó el día 13 de septiembre de 2021 al personal, llevando a cabo una explicación verbal previa para que todos conociesen el fin de la encuesta. Además, teniendo en cuenta la diferencia de edad de los participantes, se dio la opción de realizarla en formato digital o impreso según intereses individuales, consiguiendo que realizasen la encuesta de la forma más cómoda posible, contando lo que realmente piensan.

La encuesta se compone de un total de diez preguntas. Dos de respuesta cerrada (selección de un número del 1 al 5) y ocho de respuesta abierta para conseguir toda la información y opiniones de los encuestados. La encuesta es de creación propia, y tanto las preguntas como las respuestas más destacadas pueden encontrarse en el anexo B.

### Entrevistas

Una vez recopilados todos los datos de la encuesta se procedió a realizar entrevistas individuales, de aproximadamente 20 minutos de duración, únicamente a los miembros de la SEV, formada en ese momento por 8 militares que componían el grupo de expertos. Un oficial, un suboficial y seis militares de tropa.

1. Teniente Pablo Duvá Hinojal
2. Sargento Mario Martín Morán
3. Cabo Jorge Mendoza Velázquez
4. Cabo Isaac López García
5. Soldado Sergio Gallego García
6. Soldado Marta del Pozo García
7. Soldado Adonis Andrés Hidalgo Márquez
8. Soldado Jaime Pérez Sánchez

El objetivo de las entrevistas es filtrar toda la información obtenida en la encuesta, utilizando únicamente la que afecta al sistema de armas.

En una primera fase de la entrevista el personal, de forma conjunta, procedió a elegir los criterios y subcriterios, filtrando los resultados de la encuesta, para elaborar la matriz de toma de decisiones. Una vez decididos los criterios y subcriterios finales, mediante las entrevistas individuales, procedieron a ordenarlos de mayor a menor importancia para la aplicación del método AHP.



La plantilla utilizada para realizar las entrevistas y las respuestas se puede encontrar en el anexo C.

### 3.3 Sistemas de armas candidatos

De acuerdo con las características necesarias para el nuevo sistema de armas control remoto y con la opinión del grupo de expertos, se procedió a seleccionar los candidatos para el análisis comparativo.

El primer candidato es el **“Guardian 2.0” de Escribano Mechanical & Engineering** [11] [12]. Es una compañía nacional que diseña y fabrica sistemas complejos de defensa dentro del territorio español. El ser una compañía nacional favorecería mucho el mantenimiento y reparaciones de los sistemas. El “Guardian 2.0” puede equipar hasta 5 armas distintas, aunque no de forma simultánea. Actualmente, este sistema está siendo utilizado en pruebas de vehículos no tripulados obteniéndose buenos resultados.

El segundo candidato es el **“FLW 200” de Krauss-Maffei Wegmann** [13]. Empresa francoalemana dedicada a la tecnología de defensa. Este sistema es similar al que utiliza actualmente el VERT, pero al igual que el “Guardian 2.0” puede equipar un sistema para lanzar granadas de humo y conseguir gran ocultación. El ejército de Alemania y Catar utilizan varias versiones de este sistema de armas.

Como tercer candidato está el **“Protector M-151” de Kongsberg Defense & Aerospace** [12] [14]. Empresa noruega que se dedica a proveer productos y sistemas de defensa. Este sistema obtuvo un gran interés internacional cuando el ejército estadounidense lo seleccionó para sus vehículos, llegando a ser adquirido por casi treinta países distintos.

Para tener una visión más clara de las carencias o fortalezas del sistema de armas actual también se decidió incorporar el **RCWS “MiniSamson”** [12] [15] en el análisis.

Las características técnicas de todos los RCWS se encuentran en el anexo D.

## 4 ANÁLISIS PARA LA TOMA DE DECISIONES

### 4.1 Presentación del método AHP

El AHP (Analytic Hierarchy Process) [16] es una herramienta que se emplea para apoyar la toma de decisiones. Consiste básicamente en separar un problema grande en varios más pequeños para facilitar su resolución y encontrar la mejor alternativa. Para ello, evalúa y ordena varias alternativas en función de una serie de criterios y subcriterios (que son características de las alternativas). Un grupo de expertos es el encargado de dar puntuaciones a los criterios y subcriterios, para así saber cuál se considera más o menos importante durante la comparación. El propio método aporta un valor de consistencia respecto a las puntuaciones asignadas, de este modo, se puede saber si las valoraciones dadas por el grupo de expertos tienen lógica. La mejor alternativa será la que consigue la valoración más alta teniendo en cuenta los criterios, subcriterios y pesos relativos. Este Método de Jerarquización Analítica fue desarrollado durante los años 70 por Thomas L. Saaty.

Para aplicar correctamente el método hay que seguir cuatro pasos:

1. Representación del problema.
2. Evaluación de los criterios de valoración.
3. Evaluación de las alternativas.
4. Jerarquización de las alternativas.

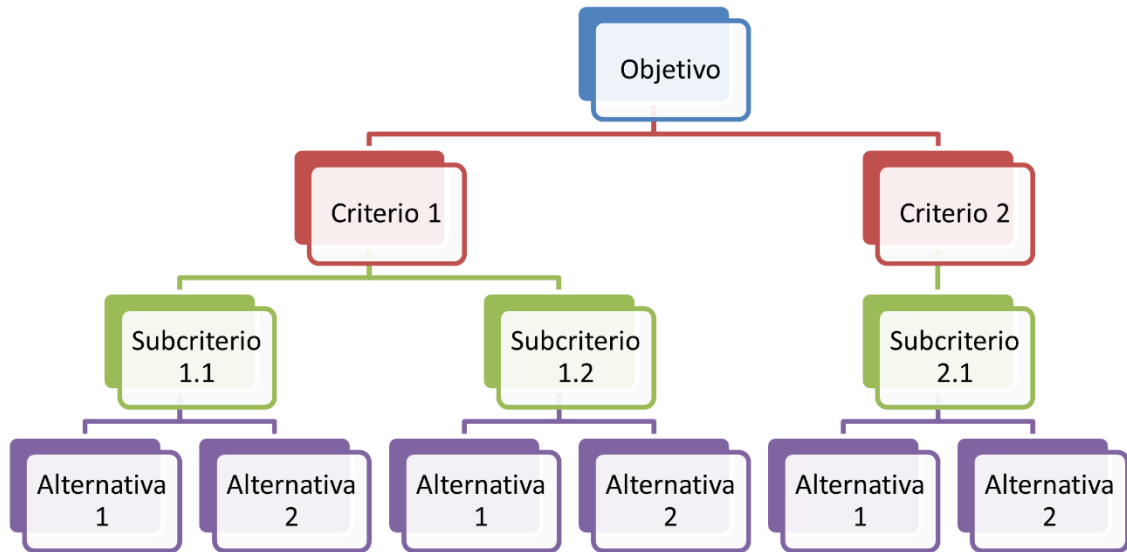


### Representación del problema

Inicialmente se presenta el problema mediante un diagrama de árbol. En él existe una jerarquía de tres niveles subordinados entre ellos:

1. Objetivo
2. Criterios – subcriterios
3. Alternativas

El número de criterios y subcriterios no está limitado.



**Figura 14.** Ejemplo de árbol de jerarquías del método AHP.

### Evaluación de los criterios de valoración

La finalidad de este paso es calcular el peso de cada criterio y subcriterio para la valoración de las alternativas.

Se lleva a cabo mediante la construcción de matrices para comparar los distintos criterios y subcriterios dos a dos, y así saber la importancia de cada uno de ellos durante la aplicación del método AHP. Para que el proceso sea válido es necesario el cálculo de la consistencia, que indicará si los valores dados a los criterios son correctos y lógicos.

Para la comparación se asignan valores según la escala de Saaty:

Valor	Definición	Comentario
1	Igual importancia	A y B tienen la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia grande	A es más importante que B
7	Importancia muy grande	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B

**Tabla 1.** Escala de Saaty.



Para el estudio de la consistencia de los valores emitidos en las matrices se mide el grado de inconsistencia, que muestra la incoherencia al dar los valores de importancia a los criterios y subcriterios. La Relación de Inconsistencia (RI) es el resultado de dividir el Índice de Consistencia (IC) entre la Consistencia Aleatoria (CA).

$$RI = \frac{IC}{CA}$$

Para que los valores de importancia asignados sean tomados como válidos, RI tiene que ser inferior al 10%.

El cálculo de CA se realiza en función del tamaño de la matriz.

N Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

**Tabla 2.** Índice de Consistencia Aleatoria

Para conocer el valor de IC son necesarias las siguientes fórmulas:

$$1) IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad 2) A * W = \lambda_{max} * W$$

Donde  $\lambda_{max}$  es un autovalor obtenido de la fórmula dos (2)), n es el tamaño de la matriz, A es la matriz de la que se está calculando el índice de inconsistencia y W es la matriz resultado de hacer la media aritmética a las filas de la matriz A.

Todo este proceso se aplica a las matrices de comparación de criterios y subcriterios.

### Evaluación de las alternativas

En este paso se comparan las alternativas entre sí en función a cada subcriterio. Para ello se construyen tantas matrices como subcriterios y se sigue el mismo procedimiento que en el paso dos (evaluación de los criterios de valoración). Completar la matriz con valores de la escala Saaty, calcular los pesos relativos y calcular la Relación de Inconsistencia.

Como resultado de este paso se obtienen las alternativas ordenadas de más a menos importante con respecto a cada subcriterio.

### Jerarquización de las alternativas

Es el último paso del método, donde se traslada a la matriz de decisión todos los pesos de los criterios y subcriterios calculados en los pasos anteriores. Como resultado de este paso, se conoce cuál es la mejor alternativa para solucionar el problema.



## 4.2 Aplicación del método AHP

A continuación, se va a desarrollar la aplicación del método AHP para encontrar cuál es la mejor alternativa para sustituir el sistema de armas por control remoto "MiniSamson" que monta actualmente el VERT.

Durante el estudio, el número reducido de participantes que formaba el grupo de expertos permitió tener un mayor control del proceso, obteniendo resultados fiables y coherentes de forma rápida mediante la realización de entrevistas individuales. Para aplicar el método se ha utilizado como herramienta de apoyo una versión de prueba del software *Expert Choice*, software referente para la aplicación de este método. Como la forma de aplicación ha sido explicada en el punto anterior, a continuación, se va a exponer los resultados finales, explicando cómo se ha llegado a ellos, pero sin mostrar los cálculos matemáticos ya que los realiza el propio software.

### Criterios, subcriterios y Árbol de jerarquías

Como resultado de la encuesta realizada al primer escuadrón del RC "Farnesio" nº12, se obtuvieron los siguientes criterios y subcriterios. Utilizados para llevar a cabo la comparación de las alternativas durante el desarrollo del método AHP.

**CRITERIO 1. Potencia de fuego:** Se tiene en cuenta todo lo relacionado con el arma del sistema. Este criterio está compuesto por los siguientes subcriterios.

**SUBCRITERIO 1.1: Tipos Ametralladora/Armamento.** Hace referencia al número de distintos tipos de armas que puede equipar el mismo sistema de armas. Ametralladoras de distinto calibre, misiles contra carro, granadas fumígenas...

**SUBCRITERIO 1.2: Cadencia.** Número de disparos por minuto que puede realizar el arma que monta el sistema.

**SUBCRITERIO 1.3: Alcance.** Distancia máxima a la que el arma que monta el sistema puede realizar fuego.

**SUBCRITERIO 1.4: Capacidad de munición.** Cantidad de munición de uso inmediato que entra en el cajón de munición. Dependerá del calibre de la munición. A mayor calibre menor número de munición entra en el cajón.

**CRITERIO 2. Movilidad:** Criterio compuesto por los siguientes subcriterios.

**SUBCRITERIO 2.1: Ángulo elevación/depresión.** Ángulo que indica hasta qué punto puede moverse el cañón en el plano vertical del arma. Cuanto mayor sea el ángulo de elevación y menor el ángulo de depresión más amplio será el campo de tiro del arma.

**SUBCRITERIO 2.2: Velocidad de giro.** Rapidez con la que el sistema mueve el arma en elevación y dirección. Cuanto más veloz sea el giro mayor rapidez de adquisición de objetivos por parte del tirador.

**SUBCRITERIO 2.3: Peso.** Peso de todo el conjunto del sistema de armas, que variará ligeramente dependiendo del tipo de arma que monte. Cuanto más ligero, más ágil será el vehículo que lo transporta.

**SUBCRITERIO 2.4: Altura.** Longitud vertical del sistema de armas. Un sistema de armas más compacto permitirá un movimiento más ágil del vehículo que lo monta al tener el centro de gravedad más bajo.



CRITERIO 3. **Cámara.** Compuesto por los siguientes subcriterios.

SUBCRITERIO 3.1: **Definición.** Claridad con la que se muestra la imagen obtenida por la cámara. Una resolución de imagen mayor facilitará la identificación de objetivos por parte del tirador que utiliza el sistema de armas.

SUBCRITERIO 3.2: **Alcance/Aumentos.** Distancia máxima a la que la cámara puede aportar una adecuada captación de las imágenes. Cuantos más aumentos tenga la cámara, más lejos se podrán obtener imágenes con una resolución adecuada.

A partir de los anteriores criterios y subcriterios que se van a considerar obtenemos el siguiente árbol de jerarquías.

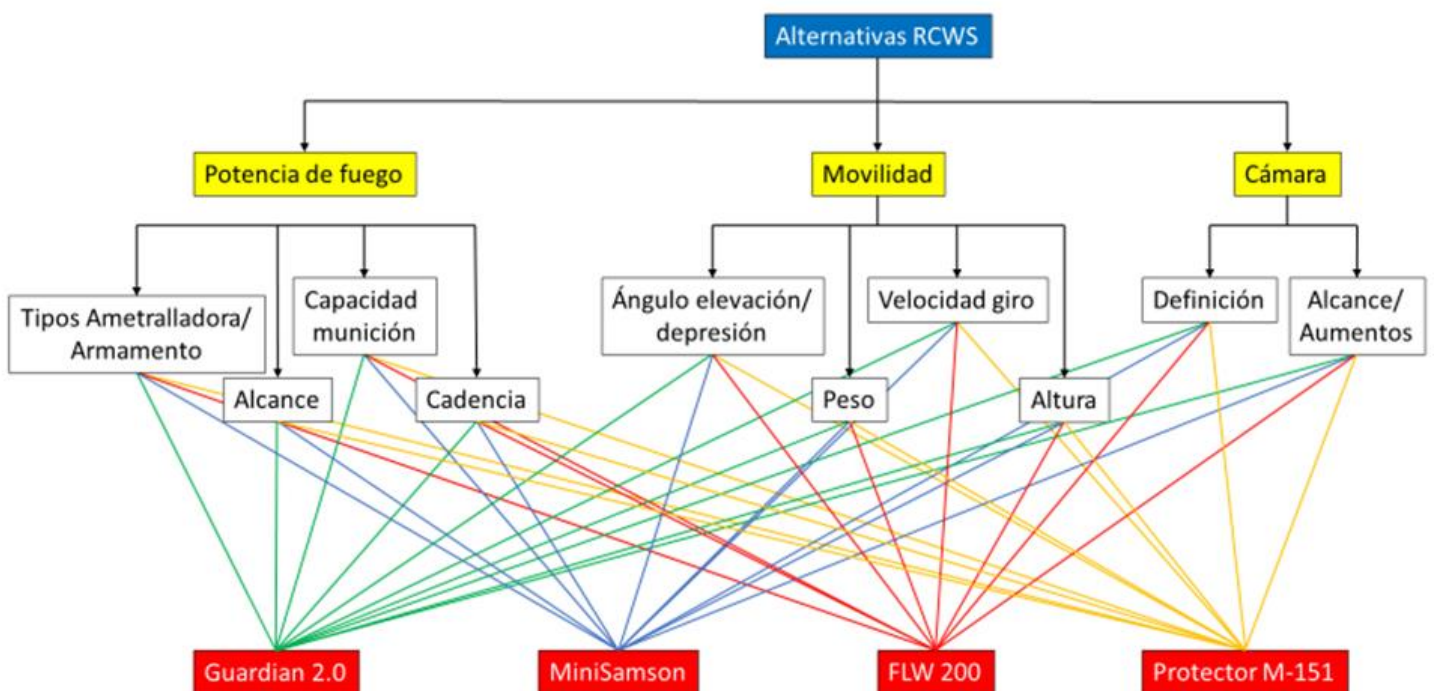


Figura 15. Árbol de jerarquías del análisis multicriterio.

### Matrices de comparación

Hay tres tipos de matrices:

1. Matriz de comparación de criterios.
2. Matriz de comparación de los subcriterios de cada criterio.
3. Matriz de comparación entre las alternativas respecto a cada subcriterio.

Para completar las matrices de comparación (tipo 1 y 2) se tomaron los resultados de las entrevistas individuales realizadas al grupo de expertos y se aplicó una media aritmética ponderada (los resultados se pueden encontrar en el anexo C). En función del rango del militar entrevistado, la valoración tenía más o menos peso.

- Oficial: 40%
- Suboficial: 30%
- Cabo: 20%
- Soldado: 10%



Después de introducir en el software los resultados obtenidos se observó que en la mayoría de las matrices el índice de inconsistencia superaba ligeramente el 10%. Esto posiblemente se deba a que el personal que participo en la entrevista no estaba familiarizado completamente con el método, aunque sí que se le había explicado el funcionamiento de este.

Para obtener un índice de inconsistencia aceptable en todas las matrices, es muy importante que las comparaciones sigan la jerarquía establecida anteriormente, ya que todas las respuestas dependen unas de otras en cada nivel de jerarquía.

Con la intención de entender mejor el problema encontrado con respecto a la consistencia, se va a mostrar un ejemplo obtenido del propio desarrollo del método AHP para el caso actual.

Inconsistencia: 0,17	Potencia de Fuego	Movilidad	Cámara
Potencia de Fuego	1	1/7 <sup>5</sup>	1/5
Movilidad	7	1	5
Cámara	5	1/5	1

**Tabla 3.** Ejemplo de la inconsistencia de la matriz de comparación de los criterios.

Como se puede observar en la Tabla 3, el criterio "Movilidad" es 7 veces más importante que el criterio "Potencia de Fuego" y 5 veces más importante que el criterio "Cámara". Según esas comparaciones, el valor esperado para que la matriz fuese totalmente consistente es que el criterio "Cámara" sea 7/5 ( $1,4 \cong 1$  según la escala de Saaty) más importante que el criterio "Potencia de Fuego". Sin embargo, el resultado obtenido de las entrevistas realizadas al grupo de expertos fue que el criterio "Cámara" era 5 veces más importante que el criterio "Potencia de Fuego". Por ese motivo la matriz era inconsistente con un valor de 0,17.

Para solucionar este problema se volvieron a realizar las entrevistas al grupo de expertos. Antes de empezar, se les explicó individualmente que las puntuaciones aportadas en la primera entrevista no tenían lógica y que debían de tener en cuenta las jerarquías. Como resultado se obtuvieron matrices en las que el índice de inconsistencia se mantenía por debajo de 0,1.

Como ejemplo se muestra la nueva matriz obtenida tras las segundas entrevistas que sustituye a la anterior de inconsistencia 0,17. Donde se muestra en rojo los cambios sufridos.

Inconsistencia: 0,01	Potencia de Fuego	Movilidad	Cámara
Potencia de Fuego	1	1/7	1/3
Movilidad	7	1	3
Cámara	3	1/3	1

**Tabla 4.** Matriz de comparación consistente

<sup>5</sup> Las fracciones que aparecen en las matrices, son el resultado de leer las comparaciones al revés. Si "Movilidad" es 7 veces más importante que "Potencia de fuego", "Potencia de fuego" es 1/7 veces más importante que "Movilidad"



Una vez visto el problema con la inconsistencia, para mostrar que resultados se obtienen con la utilización del método, se va a utilizar como ejemplo la matriz de comparación de subcriterios del criterio "Movilidad". Como ya se ha visto anteriormente este criterio tiene cuatro subcriterios: ángulo de elevación/depresión del arma, velocidad de giro del arma, peso y altura de todo el sistema de armas.

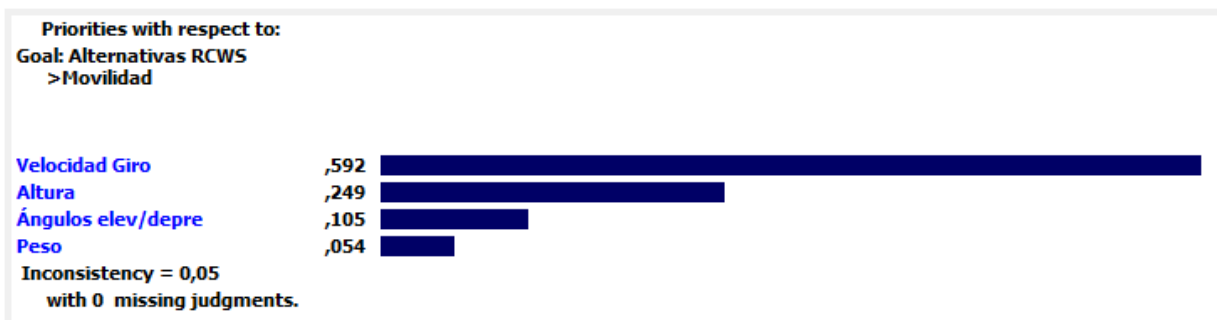
De los datos recopilados de las entrevistas se obtiene la siguiente matriz de comparación:

Inconsistencia: 0,05	Ángulo elevación/ depresión	Velocidad de giro	Peso	Altura
Ángulo elevación/ depresión	1	1/7	3	1/3
Velocidad de giro	7	1	7	3
Peso	1/3	1/7	1	1/5
Altura	3	1/3	5	1

**Tabla 5.** Matriz de comparación de subcriterios del criterio "Movilidad"

Para interpretar correctamente la matriz anterior (Tabla 5) hay que leer por filas centrándose en los números naturales. De la primera fila se obtiene que el subcriterio "Ángulo elevación/depresión" es 3 veces más importante que el subcriterio "Peso". De la segunda fila se obtiene que el subcriterio "Velocidad de giro" es 7 veces más importante que el subcriterio "Ángulo elevación/depresión", 7 veces más importante que el subcriterio "Peso" y 3 veces más importante que el subcriterio "Altura". De la cuarta fila se obtiene que el subcriterio "Altura" es 3 veces más importante que el subcriterio "Ángulo elevación/depresión" y 5 veces más importante que el subcriterio "Peso". El propio software indica que el índice de inconsistencia de esta matriz es 0,05. Al ser menor de 0,1 permite que el método pueda continuar.

El software muestra gráficamente la prioridad de los subcriterios, ordenados de mayor a menor importancia.



**Figura 16.** Pesos de los subcriterios del criterio "Movilidad"

Dentro del criterio "Movilidad" se obtienen los siguientes pesos de los subcriterios: velocidad giro 59,2% de importancia, altura 24,9% de importancia, ángulo elevación/depresión 10,5% de importancia y peso 5,4% de importancia. Estos son los pesos que el método utilizará para proponer el mejor sistema de armas control remoto.



Para la realización del resto de matrices de comparación para criterios y subcriterios se sigue el mismo procedimiento y se pueden encontrar en el anexo E.

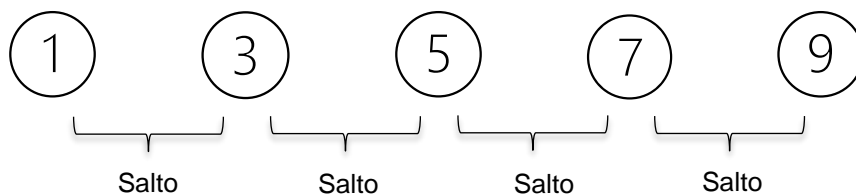
En el caso de la matriz de comparación de las alternativas con cada uno de los subcriterios (tipo 3), la forma de cumplimentación se realizó teniendo en cuenta las características técnicas de las alternativas estudiadas. A partir de esas características y con el criterio del Capitán D. Juan José Montero Rodríguez, jefe del primer escuadrón del RC "Farnesio" nº12, se asignaron valores de la escala de Saaty para completar la matriz. Para asignar esos valores se utilizó un sistema de interpolación, aplicable en todos los subcriterios, que se basa en los saltos entre valores de la escala de Saaty. A continuación, se va a mostrar un ejemplo para entender mejor el procedimiento.

Para este tipo de matrices hay que tener en cuenta un subcriterio (característica técnica) y los sistemas de armas control remoto que tenemos como alternativas. En este caso se va a utilizar el subcriterio "Peso" para la explicación, mostrándose los datos en la siguiente tabla.

Alternativa	Peso (kg)
FLW 200	185
Guardian 2.0	180
RCWS MiniSamson	150
Protector M-151	135

**Tabla 6.** Pesos (kg) de las alternativas.

Cuando se habla de saltos entre los valores de la escala de Saaty, se hace referencia a la distancia que hay entre esos valores, por ejemplo: del 1 al 5 hay dos saltos y del 7 al 9 hay un salto. La escala tiene un total de cuatro saltos.



Relacionando los saltos con los valores de la escala de Saaty se obtiene que:

- 0 saltos equivalen a 1 (igual de importante)
- 1 salto equivale a 3 (ligeramente más importante)
- 2 saltos equivalen a 5 (más importante)
- 3 saltos equivalen a 7 (mucho más importante)
- 4 saltos equivalen a 9 (extremadamente más importante)

Teniendo en cuenta el vehículo sobre el que va a ir montado el sistema de armas y las dimensiones aproximadas de este, el peso debería estar entre los 100 y 200 kilogramos. Estos números marcan un límite inferior y otro superior, cuya diferencia es el equivalente a la distancia entre el 1 y el 9 de la escala de Saaty, en este caso 100. Relacionando todo lo anterior, cada 25 kilogramos de diferencia entre las alternativas es un salto. En el caso de comparar las alternativas "Guardian 2.0" 180 kg y RCWS "MiniSamson" 150 kg, la diferencia es de 30 kg. El resultado es de 1,2 saltos, que se puede aproximar a 1 salto. Como en el caso del peso conviene que sea el mínimo posible para mejorar la agilidad del vehículo, el



RCWS “MiniSamson” es ligeramente más importante (valor 3 de la escala de Saaty) que el “Guardian 2.0”. Siguiendo el mismo procedimiento se obtiene la siguiente matriz de comparación.

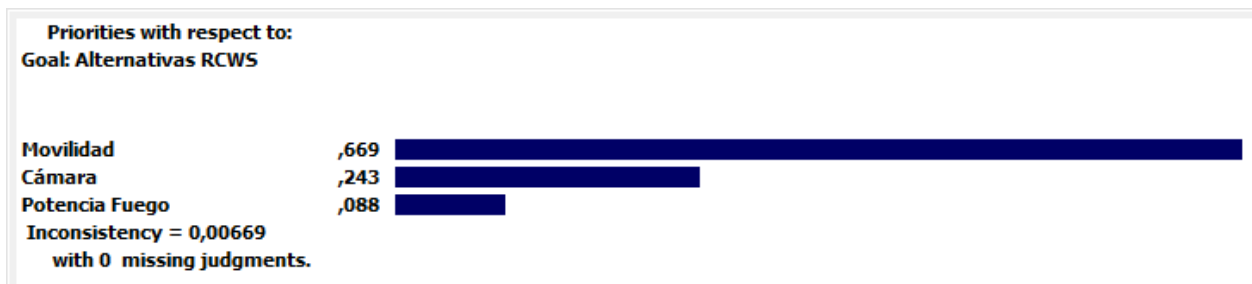
Inconsistencia: 0,02	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M- 151
Guardian 2.0	1	1/3	1	1/5
RCWS MiniSamson	3	1	3	1/3
FLW 200	1	1/3	1	1/5
Protector M-151	5	3	5	1

**Tabla 7.** Matriz de comparación de alternativas respecto del subcriterio “Peso”

Todas las matrices de comparación se pueden observar en el anexo E.

### Análisis de los resultados

Una vez introducidos todos los datos en el software, este muestra gráficamente los criterios, subcriterios y alternativas ordenados por prioridad.



**Figura 17.** Criterios ordenados jerárquicamente

Como ejemplo, en la Figura 17 se puede observar que el criterio más importante según el grupo de expertos es “Movilidad”, seguido de “Cámara” y “Potencia de fuego” respectivamente. Estos resultados los obtiene el software a partir de la matriz de la Tabla 4, vista anteriormente. Es interesante explicar como el criterio “Potencia de fuego” tiene el menor peso tratándose el estudio de una comparación entre sistemas de armas. La razón, indicada por los expertos, es que el VERT es un vehículo con poca probabilidad de ser empleado en combate directo<sup>6</sup>. Necesita un armamento destinado preferentemente a la autoprotección en caso de situaciones peligrosas, por tanto, es más importantes que el movimiento de la torre sea fluido y que la cámara ofrezca buena imagen del objetivo. En el anexo F se puede observar el resto de los subcriterios ordenados según importancia.

Teniendo en cuenta todas las matrices de comparación y los pesos de los criterios y subcriterios, el software aplica los cálculos matemáticos para determinar cuál es la mejor alternativa. En este caso da como resultado (Figura 18) que la mejor alternativa es el “Guardian

<sup>6</sup> El VERT, no será utilizado de forma directa para enfrentarse a otros vehículos. Se colocará en puntos estratégicos para obtener información del combate y se retirará antes de quedar expuesto al enemigo.



2.0" con un 35.2% de importancia, seguido de muy cerca del "Protector M-151" con un 34%. A una mayor distancia se encuentra el sistema de armas utilizado actualmente en el VERT con un 19.6% y, por último, con el 11.2% el "FLW 200".

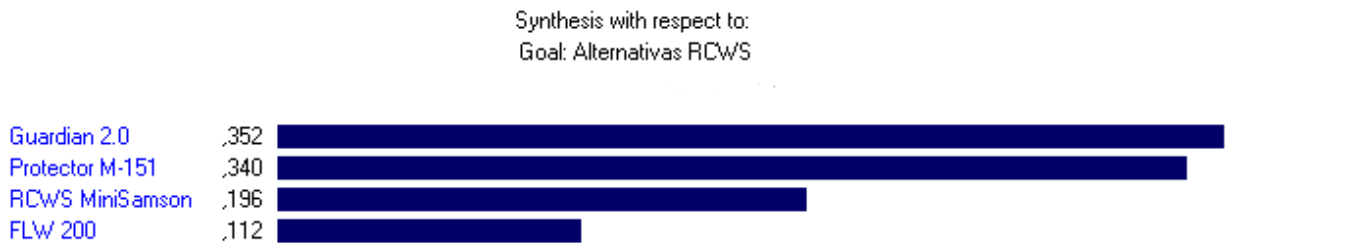


Figura 18. Alternativas ordenadas jerárquicamente

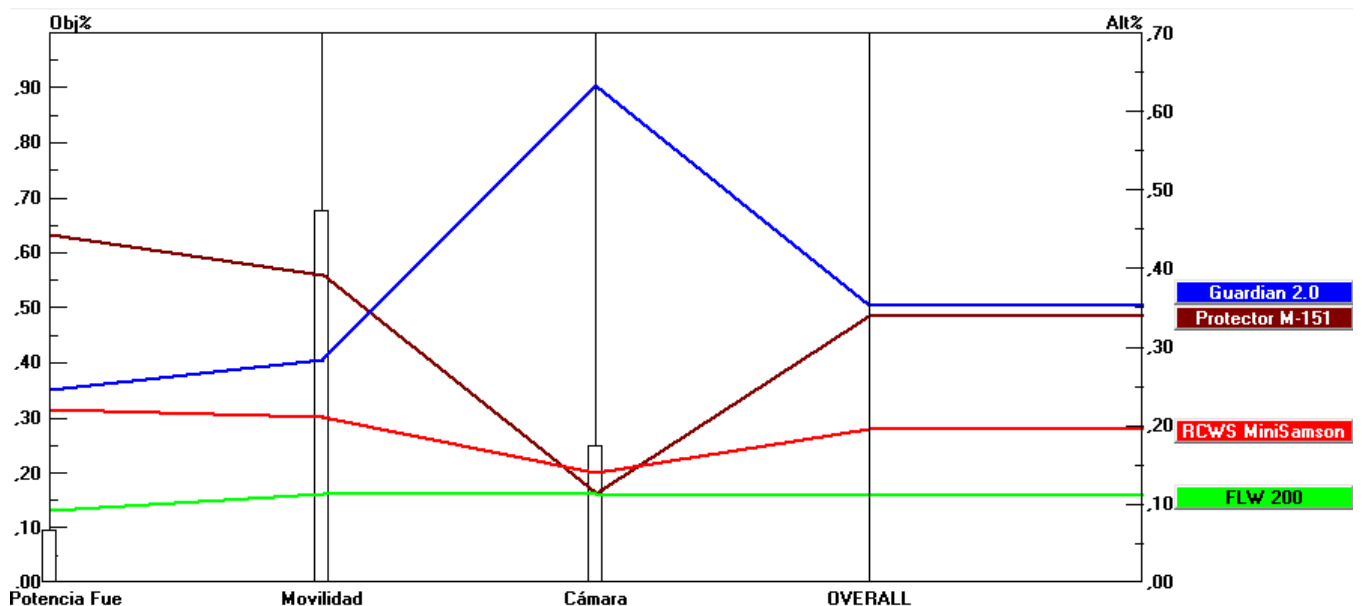


Figura 19. Gráfica de orden de prioridad por criterios.

En la Figura 19 se puede observar el resultado obtenido por cada alternativa en los diferentes criterios. El "Protector M-151" se impuso vencedor en dos de los tres criterios, y el "Guardian 2.0" en el restante. Los sistemas RCWS "MiniSamson" y "FLW 200", al no conseguir destacar en ningún criterio, o al menos estar cerca, pierden la posibilidad de convertirse en la mejor alternativa de sistema de armas control remoto.

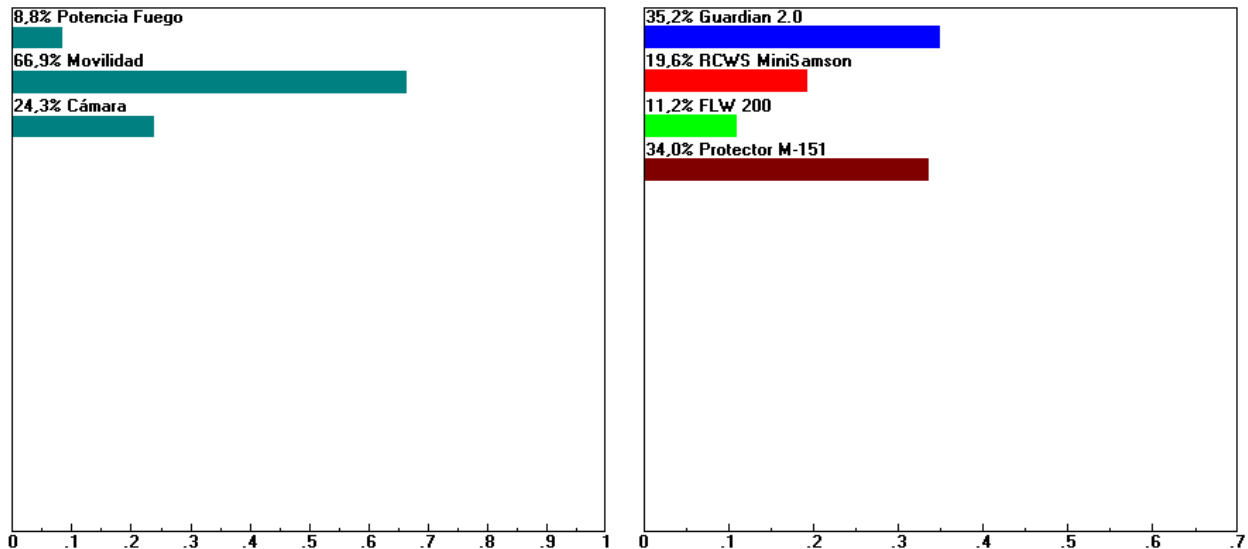
Aunque el "Protector M-151" se impone con una ventaja moderada en dos de los criterios, incluido "Movilidad" que es el más importante, no consigue convertirse en la mejor alternativa por muy poco. Esto se debe a que en el criterio "Cámara", el segundo más importante, el "Guardian 2.0" gana con una diferencia muy grande sobre el "Protector M-151". Finalmente, debido a lo mencionado anteriormente, el método AHP propone el sistema "Guardian 2.0" como la mejor alternativa.

### 4.3 Análisis de sensibilidad



Debido a la obtención de un resultado tan ajustado, se ha decidido realizar un análisis de sensibilidad. La finalidad de este análisis es comprobar la robustez del resultado obtenido ante variaciones de los pesos en los criterios. Para ello, se ha utilizado una herramienta, Sensitivity-Graphs, proporcionada por el propio software Expert Choice.

El gráfico base sobre el que se va a realizar el análisis es el siguiente:



**Figura 20.** Gráfico para análisis de sensibilidad.

En la parte izquierda de la Figura 20, se pueden observar los criterios y su porcentaje de importancia. En la parte derecha, aparecen las alternativas con el porcentaje correspondiente según el peso de los criterios.

- **Potencia de fuego**

Basándose en el resultado principal, el criterio “Potencia de fuego” tiene una importancia de 8,8%. Al variar esa cantidad<sup>7</sup>, se producen cambios en el resultado final de la comparación de alternativas. En el caso de que el porcentaje (8,8%) fuese cada vez menor, la alternativa “Guardian 2.0” obtendría más ventaja y no se produciría ningún cambio en el orden final. Si el porcentaje de este criterio aumenta, se alcanzará un punto de inflexión donde la alternativa “Protector M-151” adelantará al “Guardian 2.0”. Este cambio se produciría si el criterio “Potencia de fuego” tuviese un 14,7% de importancia, es decir, un 5,9% más que el dato inicial.

<sup>7</sup> El porcentaje del resto de criterios también cambiará, pero de forma proporcional para mantener la relación entre criterios.

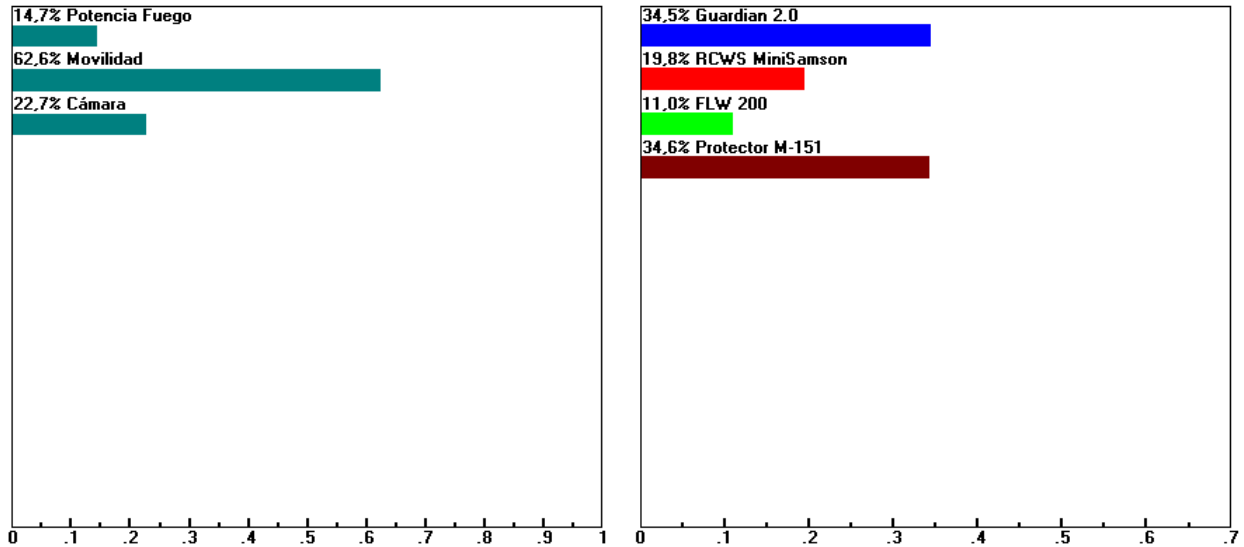


Figura 21. Análisis sensibilidad del criterio "Potencia de fuego"

- **Movilidad**

El criterio "Movilidad" es el considerado como más importante por el grupo de expertos (66,9%). Si este criterio perdiese importancia, el "Guardian 2.0" aumentaría su ventaja y no habría cambios en el orden de alternativas respecto al resultado final. En el caso de que el criterio "Movilidad" fuese más importante de lo establecido inicialmente, se produciría un cambio en el orden final de las alternativas. El sistema de armas "Protector M-151" sería la mejor alternativa final, adelantando al "Guardian 2.0", si el criterio "Movilidad" alcanzase el 70,8% de importancia, tan solo un 3,9% más respecto al porcentaje inicial.

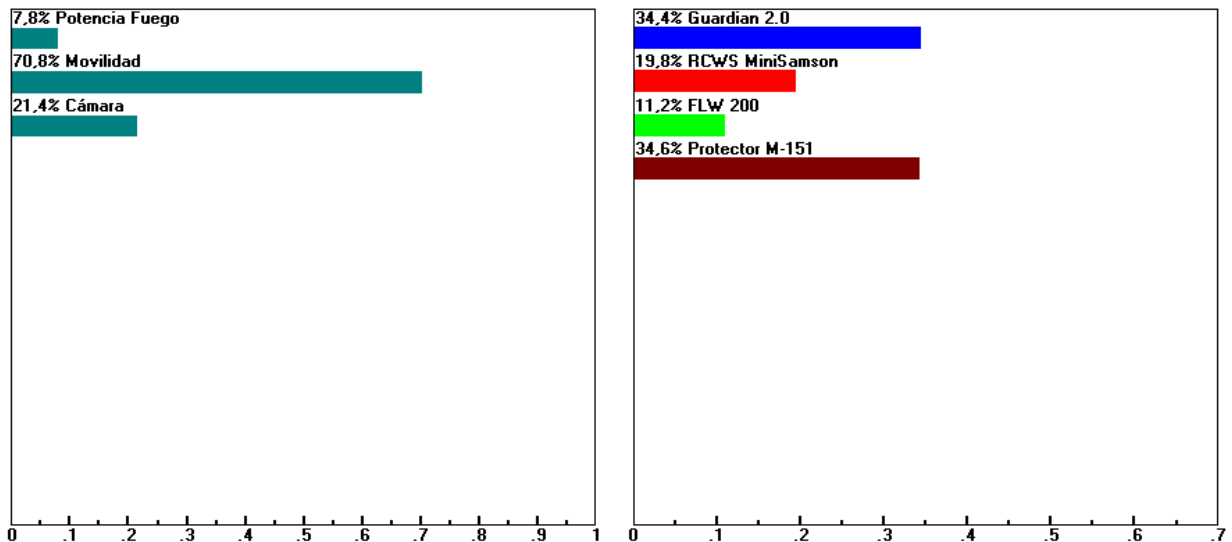
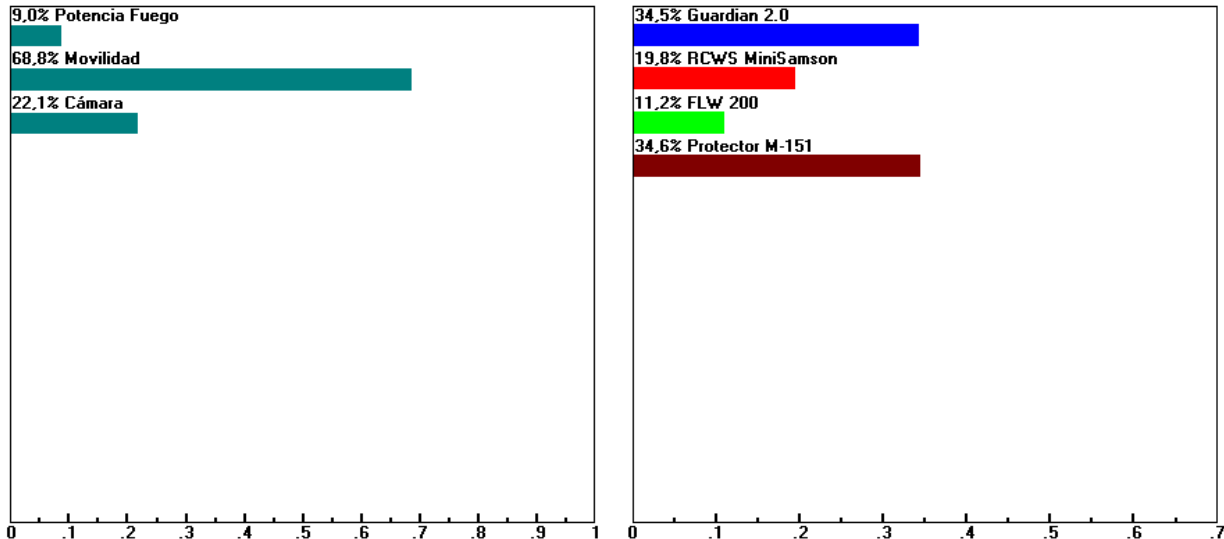


Figura 22. Análisis sensibilidad del criterio "Movilidad"



- **Cámara**

El criterio “Cámara” es el segundo más importante con un 24,3%. Al contrario que en los otros dos criterios, en este el “Guardian 2.0” es el más destacado (ver Figura 19). Para que no se produjese ningún cambio en el orden final y el “Guardian 2.0” fuese cada vez mejor alternativa, la importancia del criterio “Cámara” tendría que ser cada vez mayor. Si por el contrario, este criterio perdiese importancia, alcanzado el valor de 22,1%, el “Protector M-151” se colocaría al frente como la mejor alternativa. Tan solo sería necesaria una variación del 2,2% para que se produjese dicho cambio.



**Figura 23.** Análisis de sensibilidad del criterio "Cámara"

Una vez realizado el análisis de sensibilidad, se puede extraer que la solución aportada por el método AHP no es estable. Frente a pequeñas variaciones en los pesos de los criterios, se producen cambios en el orden final de las alternativas. Estos cambios solo ocurren entre los sistemas “Guardian 2.0” y “Protector M-151”, que en el resultado final del método AHP obtuvieron puntuaciones muy igualadas, 35,2% y 34% de importancia respectivamente.

## 5 CONCLUSIONES

Es importante volver a mencionar la importancia que tiene el VERT en los conflictos actuales. Al ser el vehículo terrestre más moderno de adquisición de información, los datos que aporta son muy útiles para apoyar la toma de decisiones del mando de la unidad [17].

Durante el desarrollo de las prácticas externas y gracias al personal experto, ha sido posible obtener los criterios y alternativas necesarias para aplicar el método AHP al problema de obsolescencia del RCWS “MiniSamson”. También, sus opiniones y experiencias personales han permitido extraer los principales problemas que presenta el sistema de armas actual, algunos de ellos muy útiles para seleccionar alternativas que los solventasen.

El resultado aportado por el método AHP, no ha permitido determinar una clara alternativa para sustituir al RCWS “MiniSamson”. Tanto el sistema “Guardian 2.0” como el “Protector M-151” obtuvieron puntuaciones similares en el resultado final teniendo únicamente en cuenta las características técnicas. Esto produce que ante ligeros cambios en la importancia de los criterios (características técnicas), el método aporta como mejor alternativa un sistema u otro.

Un aspecto sobre el que se ha hablado anteriormente (3.3. Sistemas de armas candidatos),



es el país donde se diseñan y fabrican los sistemas de armas. Este es un dato que no se ha tenido en cuenta durante el desarrollo del método AHP, pero que puede sentenciar la decisión sobre cuál es la mejor alternativa. En el caso del sistema de armas “Protector M-151” la compañía fabricante es Kongsberg Defense & Aerospace AS, tiene su sede en Noruega y cuenta con 26 oficinas por todo el mundo, pero ninguna en España. Adquirir su producto supondría hacer frente a algunos problemas logísticos como por ejemplo, el transporte de los sistemas para reparaciones. El sistema “Guardian 2.0” ha sido diseñado y fabricado por ESCRIBANO Mechanical and Engineering, compañía que tiene su sede en España. Al tratarse de un fabricante nacional, los procesos de transporte, mantenimiento y reparación de los sistemas se verían favorecidos. Además, también fabrican sistemas electro-ópticos<sup>8</sup> como el OTEOS (Observation and Tracking Electro-Optical System), que podría integrarse con el “Guardian 2.0” mejorando las capacidades del VERT.

En la decisión final de entre las dos alternativas, podrían influir todos los costes. Al tratarse de importantes cantidades de dinero, si el coste de adquisición, de mantenimiento y de reparación de una alternativa fuesen más bajos que la otra ayudaría a tomar la decisión final.

Debido a todo lo anterior, la alternativa que mejor cumple los requisitos necesarios para sustituir al sistema de armas actual es el “Guardian 2.0”.

## 5.1 Líneas futuras

Este proyecto ha permitido encontrar unas ideas cuyo estudio resultaría interesante en un futuro. Estas ideas son:

- Integración del sistema de armas por control remoto “Guardian 2.0” y el sistema electro-óptico OTEOS en el VERT. Esto consiste básicamente en que los dos sistemas compartan la información que obtienen. Se conseguiría que el observador y el tirador no tuvieran que comunicarse oralmente, acelerando el proceso de adquisición de objetivos para batirlos por el fuego.
- Dotar a todos los Escuadrones de Caballería del Ejército de Tierra con una SEV, compuesta por vehículos tipo VERT modernizados.

---

<sup>8</sup> Un sistema electro-óptico es una cámara termográfica diurna y nocturna con excelentes prestaciones para fines de vigilancia

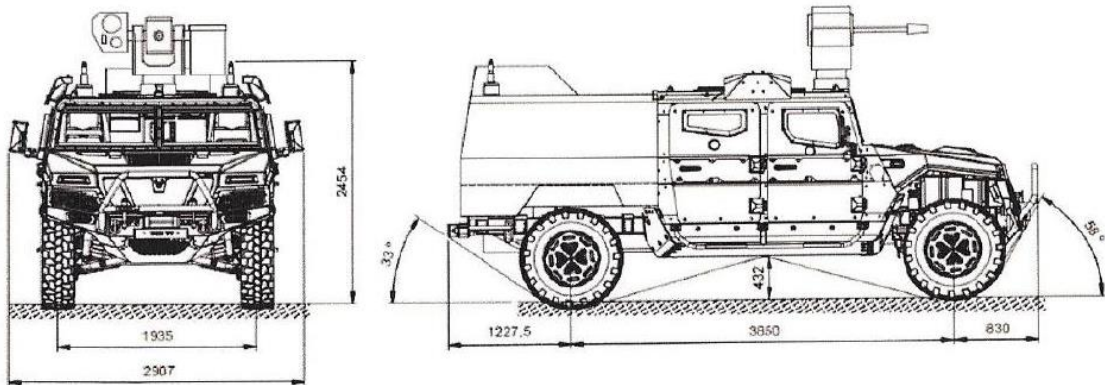


## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “PD1-001 (Ed.2) Empleo de las Fuerzas Terrestres.” p. 3-5, 2021.
- [2] Maíz, S. J. (2016). Defensa.com, “El Ejército de Tierra recibe el primer prototipo del 4x4 VERT de Urovesa-Navantia”. [Online]. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/ejercito-tierra-recibe-primer-prototipo-4x4-vert-urovesa> (consultado el 25/08/2021).
- [3] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “AGM-DIAE-CAB-002 Organización de la Caballería.” P. 37, 2019.
- [4] Mando de Adiestramiento y Doctrina “MI-208 Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre.” 2020.
- [5] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “AGM-TM-401 Sistemas de Armas de Caballería I.” p. I-35, 2020.
- [6] Wikipedia Inc., “Humvee”. [Online]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Humvee> (consultado el 16/09/2021).
- [7] Electro Optic Systems – Defensa. [Online]. Disponible en: <https://www.eos-aus.com/defence/> (consultado el 16/09/2021).
- [8] Military-Today.com, “Griffon”. [Online]. Disponible en: <http://www.military-today.com/apc/griffon.htm> (consultado el 16/09/2021).
- [9] Desarrollo Defensa y Tecnología Bélica (2021), “Hornet RCWS se presenta en Sofins 2021”. [Online]. Disponible en: <https://desarrollodefensaytecnologiabelica.blogspot.com/2021/07/hornet-rcws-se-> (consultado el 16/09/2021).
- [10] Krauss Maffei Wegmann – FENNEK, [Online]. Disponible en: <https://www.kmweg.de/systeme-produkte/radfahrzeuge/fennek/fennek-fao/> (consultado el 20/09/2021).
- [11] Escribano Mechanical & Engineering – Guardian 2.0, [Online]. Disponible en: <https://www.eme-es.com/guardian-2-0/?lang=es>
- [12] Fernández, M. F. (2019). EJERCITOS, “VCR 8x8 Dragón”. [Online]. Disponible en: <https://www.revistaejercitos.com/2019/12/31/vcr-8x8-dragon/> (consultado el 23/09/2021).
- [13] Krauss Maffei Wegmann – FLW-200, [Online]. Disponible en: <https://www.kmweg.de/systeme-produkte/bewaffnungssysteme/fernbedienbare->
- [14] Kongsberg Defence & Aerospace – Protector M-151, [Online]. Disponible en: <https://www.kongsberg.com/es/kda/products/defence-and-security/remote-weapon->
- [15] PAP TECNOS – Sistemas Terrestre, [Online]. Disponible en: <https://www.paptecnos.com/es/world/land/>
- [16] Yepes, P. V. (2018). “Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)”. [Online]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-> (consultado el 08/09/2021).
- [17] Mora, C. D. "El VERT y su empleo." Memorial de Caballería nº 89, Junio 2020. Disponible en: [https://publicaciones.defensa.gob.es/pprevistas/REVISTAS\\_PDF21483/page\\_86.ht](https://publicaciones.defensa.gob.es/pprevistas/REVISTAS_PDF21483/page_86.ht)
- [18] Mando de Adiestramiento y Doctrina, “MT-204 Vehículo VAMTAC ST5 VERT” p. 36.



## Anexo A. Ficha técnica VERT.



**Figura 24.** Dimensiones VERT

País de origen	España
Fabricante	UROVESA

### Dimensiones y pesos

Alto	2,454 m
Ancho	2,907 m
Largo	5,907 m
Peso máximo autorizado	9.500 kg
Carga útil	1.100 kg

### Movilidad

Velocidad máxima	118 km/h
Autonomía	538 km
Capacidad de combustible	140 L
Capacidad de vadeo	0,85 m
Radio de giro	8,5 m

**Tabla 8.** Datos técnicos VERT

Información obtenida del "Manual de Operador y Mantenimiento Primer Escalón" [18].



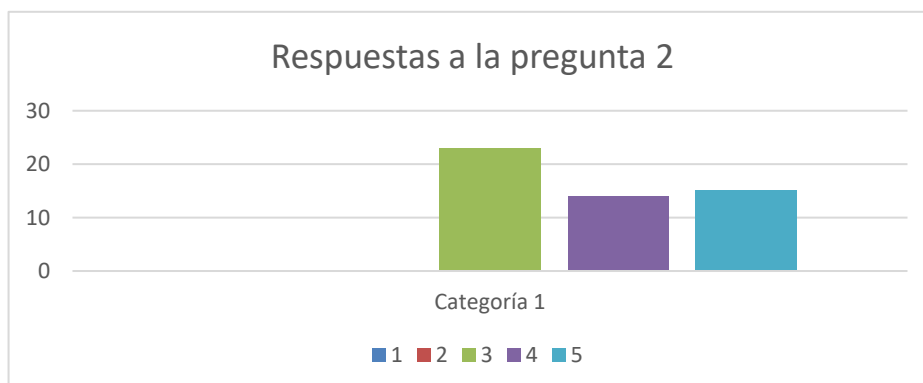
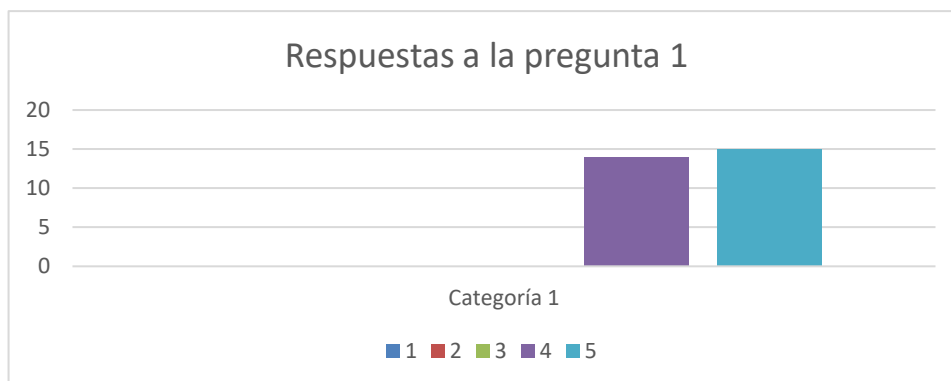
## Anexo B. Encuesta.

### EMPLEO:

### AÑOS DE SERVICIO:

1. Considero que el VERT es un vehículo útil (1-5, siendo 1 muy poco útil y 5 muy útil)
2. Considero que el RCWS "MiniSamson" es fiable (1-5, siendo 1 muy poco fiable y 5 muy fiable)
3. ¿Encuentra deficiencias/limitaciones en la MiniSamson? Indique cuales son:
4. El RCWS "MiniSamson", ¿ayudan al VERT en el cumplimiento de las misiones que se le asignan? ¿Por qué?
5. ¿Considera útil que el sistema de armas equipе tubos lanza-artificios a parte del arma principal? ¿Por qué?
6. ¿Qué cree que habría que actualizar de la estación de armas para mejorar las prestaciones?
7. Según su opinión. Indique que es necesario que equipе un nuevo sistema de armas para mejorar el actual.
8. Refiriéndose a un sistema de armas cualquiera, enumere los criterios (características técnicas relacionadas) que se le ocurran.
9. Respecto de los criterios de la pregunta 8. Enumere los subcriterios (características técnicas) que se le ocurran.

### Respuestas





**Pregunta 3.**

Las respuestas más repetidas fueron que el sector prohibido para hacer fuego es muy grande y que el mando utilizado para mover la torre no permite hacer movimientos suaves por su rigidez.

**Pregunta 4.**

La mayoría de los encuestados consideraron que el RCWS "MiniSamson" sí que ayuda al VERT a cumplir sus misiones, ya que necesita un arma con la que defenderse.

**Pregunta 5.**

En este caso solo se dieron dos respuestas. El 59,6% consideraron importante equipar tubos lanza-artificios para crear una cortina de humo en caso de ser detectados y así poder huir. El 40,4% consideró que no es necesario porque el vehículo siempre va a estar lejos del enemigo.

**Pregunta 6.**

Muchos de los encuestados consideraron que es necesario actualizar la cámara para ver claramente el objetivo al que se desea disparar.

**Pregunta 7.**

Gran diversidad de respuestas, entre las que destacó que el sistema equipase un misil contra carro de combate que se pueda utilizar a la vez que la ametralladora.

**Pregunta 8 y 9.**

Con las respuestas a estas preguntas y la opinión del grupo de expertos, se elaboró el árbol de jerarquías (Figura 15).



## Anexo C. Entrevistas.

Empleo:	Nombre y Apellidos:
---------	---------------------

### Crterios y subcriterios para comparar.

CRITERIO 1. **Potencia de fuego:** Se tiene en cuenta todo lo relacionado con el arma del sistema. Este criterio está compuesto por los siguientes subcriterios.

SUBCRITERIO 1.1: **Tipos Ametralladora/Armamento.** Hace referencia al número de distintos tipos de armas que puede equipar el mismo sistema de armas. Ametralladoras de distinto calibre, misiles contra carro, granadas fumígenas...

SUBCRITERIO 1.2: **Cadencia.** Número de disparos por minuto que puede realizar el arma que monta el sistema.

SUBCRITERIO 1.3: **Alcance.** Distancia máxima a la que el arma que monta el sistema puede realizar fuego.

SUBCRITERIO 1.4: **Capacidad de munición.** Cantidad de munición de uso inmediato que entra en el cajón de munición. Dependerá del calibre de la munición. A mayor calibre menor número de munición entra en el cajón.

CRITERIO 2. **Movilidad:** Criterio compuesto por los siguientes subcriterios.

SUBCRITERIO 2.1: **Ángulo elevación/depresión.** Ángulo que indica hasta qué punto puede moverse el cañón en el plano vertical del arma. Contra mayor sea el ángulo de elevación y menor el ángulo de depresión más amplio será el campo de tiro del arma.

SUBCRITERIO 2.2: **Velocidad de giro.** Rapidez con la que el sistema mueve el arma en elevación y dirección. Cuanto más veloz sea el giro mayor rapidez de adquisición de objetivos por parte del tirador.

SUBCRITERIO 2.3: **Peso.** Peso de todo el conjunto del sistema de armas, que variará ligeramente dependiendo del tipo de arma que monte. Contra más ligero, más ágil será el sistema de armas y el vehículo que lo transporta.

SUBCRITERIO 2.4: **Altura.** Longitud vertical del sistema de armas. Un sistema de armas más compacto permitirá un movimiento más ágil del vehículo que lo monta al tener el centro de gravedad más bajo.

CRITERIO 3. **Cámara.** Compuesto por los siguientes subcriterios.

SUBCRITERIO 3.1: **Definición.** Claridad con la que se muestra la imagen obtenida por la cámara. Una resolución de imagen mayor facilitará la identificación de objetivos por parte del tirador que utiliza el sistema de armas.

SUBCRITERIO 3.2: **Alcance/Aumentos.** Distancia máxima a la que la cámara puede aportar una adecuada captación de las imágenes. Contra más aumentos tenga la cámara más lejos se podrán obtener imágenes con una resolución adecuada.



Instrucciones: de las dos características dadas escoger cual es la más importante e indicar el valor de la escala de Saaty correspondiente.

Valor	Definición	Comentario
1	Igual importancia	A y B tienen la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia grande	A es más importante que B
7	Importancia muy grande	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B

**COMPARACIONES CRITERIOS**

-Potencia de fuego – Movilidad.  VALOR

-Potencia de fuego – Cámara.  VALOR

-Movilidad – Cámara.  VALOR

**COMPARACIONES SUBCRITERIOS DE POTENCIA DE FUEGO**

-Tipo armamento – Cadencia.  VALOR

-Tipo armamento – Alcance.  VALOR

-Tipo armamento – Capacidad de munición.  VALOR

-Cadencia – Alcance.  VALOR

-Cadencia – Capacidad de munición.  VALOR

-Alcance – Capacidad de munición.  VALOR

**COMPARACIONES SUBCRITERIOS DE MOVILIDAD**

-Ángulo – Velocidad giro.  VALOR

-Ángulo – Peso.  VALOR



CAC Daniel García Navarro

-Ángulo – Altura.  VALOR

-Velocidad giro – Peso.  VALOR

-Velocidad giro – Altura.  VALOR

-Peso – Altura.  VALOR

**COMPARACIONES SUBCRITERIOS DE CÁMARA**

-Definición – Alcance.  VALOR

**Resultados de las entrevistas**

A - B	Sdo. DEL POZO	Sdo. MARQUEZ	Sdo. GALLEGO	Sdo. SANCHEZ	Cbo. LOPEZ	Cbo. MENDOZA	Sgto. MARTIN	Tte. Duvá	Resultado A	Resultado B	Resultado Final
Potencia Fuego - Movilidad	7 Movilidad	7 Movilidad	5 Movilidad	3 P. Fuego	9 P. Fuego	3 Movilidad	9 Movilidad	7 Movilidad	2,1	6,73	7 Movilidad
Potencia Fuego - Cámara	3 Cámara	7 Cámara	5 Pot Fu	7 Cámara	5 Cámara	5 Pot Fu	3 Cámara	3 Cámara	1,5	3,66	3 Cámara
Movimiento - Cámara	3 Movilidad	5 Cámara	3 Cámara	7 Cámara	5 Movilidad	3 Movilidad	3 Movilidad	3 Movilidad	3,2	0,5	3 Movilidad
<hr/>											
Tipos Armamento - Cadencia	1	1	3 T. Armamento	1	3 Cadencia	1	1	1			1
Tipos Armamento - Alcance	3 T. Armamento	5 Alcance	7 Alcance	1	3 Alcance	3 Alcance	1	5 Alcance	0,3	3,2	3 Alcance
T. Armamento - Capacidad Munición	3 C. Munición	7 C. Munición	5 C. Munición	5 C. Munición	7 C. Munición	9 C. Munición	9 C. Munición	9 C. Munición	0	8,3	9 C. Munición
Cadencia - Alcance	3 Cadencia	3 Cadencia	3 Cadencia	3 Alc	3 Alc	5 Alc	1	3 alc	0,3	2,3	3 Alcance
Cadencia - Capacidad Munición	5 C. Munición	7 C. Munición	3 C. Munición	3 C. Munición	9 C. Munición	3C. Munición	9 C. Munición	7 C. Munición	0	7,15	7 C. Munición
Alcance - Capacidad Munición	5 C. Munición	5 C. Munición	5 C. Munición	3 C. Munición	9 C. Munición	5 Alc	7 C. Munición	7 C. Munición	1	7,15	7C. Munición
<hr/>											
Ángulos - Velocidad Giro	5 V. Giro	5 V. Giro	5 V. Giro	7 V. Giro	7 Ángulos	7 V. Giro	5 V. Giro	7 V. Giro	1,4	6,25	7 V. Giro
Ángulos - Peso	3 Ángulos	3 Ángulos	5 Ángulos	3 Ángulos	3 Ángulos	5 Ángulos	3 Ángulos	3 Ángulos	3,25	0	3 Ángulos
Ángulos - Altura	5 Ángulos	3 Altura	3 Ángulos	3 Ángulos	5 Altura	5 Ángulos	3 Altura	3 Altura	1,36	3,4	3 Altura
Velocidad Giro - Peso	5 V. Giro	5 V. Giro	5 V. Giro	7 V. Giro	9 V. Giro	7 V. Giro	5 V. Giro	7 V. Giro	6,45	0	7 V. Giro
Velocidad Giro - Altura	5 V. Giro	5 V. Giro	3 V. Giro	3 V. Giro	3 V. Giro	5 V. Giro	5 V. Giro	3 V. Giro	3,9	0	3 V. Giro
Peso - Altura	3 Altura	5 Altura	5 Altura	3 Altura	7 Altura	5 Altura	7 Altura	5 Altura	0	5,7	5 Altura
<hr/>											
Definición - Alcance	3 Alcance	5 Definición	7 Definición	7 Alcance	7 Definición	5 Alcance	3 Definición	7 Definición	5,7	1,5	5 Definición

**Tabla 9. Resultados de las entrevistas a los expertos (Elaboración propia)**



## Anexo D. Características técnicas de las alternativas.

### Guardian 2.0

Tipo armamento	Ametralladoras de: 5,56 – 7,62 – 12,7 (mm) Lanzagranadas de 40 mm Alcotán-100
Lanza fumígenos	Granadas de humo de 76 mm
Alcance	Ametralladora 5,56 mm: 1000m efectivo / 4000m máximo Ametralladora 7,62mm: 1200 efectivo / 4000 máximo Ametralladora 12,7mm: 1800 efectivo / 6900 máximo Alcotán-100: 600m máximo
Capacidad de munición	Munición 5,56mm: 1000 cartuchos Munición 7,62mm: 800 cartuchos Munición 12,7mm: 600 cartuchos
Ángulo elevación/depresión	-20° a +60°
Velocidad de giro	Horizontal: 60°/s Vertical: 40°/s
Altura	620 mm
Peso	180 kg

**Tabla 10.** Datos técnicos "Guardian 2.0" [11][12]



**Figura 25.** "Guardian 2.0" [11]



**FLW-200**

Tipo armamento	Ametralladoras de: 7,62 – 12,7 (mm) Lanzagranadas de 40 mm
Lanza fumígenos	Granadas de humo de 76 mm
Alcance	Ametralladora 7,62mm: 1200 efectivo / 4000 máximo Ametralladora 12,7mm: 1800 efectivo / 6900 máximo
Capacidad de munición	Munición 7,62mm: 400 cartuchos Munición 12,7mm: 100 cartuchos
Ángulo elevación/depresión	-15° a +70°
Velocidad de giro	Horizontal: 60°/s Vertical: 30°/s
Altura	750 mm
Peso	185 kg

**Tabla 11.** Datos técnicos "FLW-200" [13]



**Figura 26.** "FLW-200" [13]



**Protector M-151**

Tipo armamento	Ametralladoras de: 7,62 – 12,7 (mm) Lanzagranadas de 40 mm Lanza misiles SPIKE
Lanza fumígenos	Granadas de humo de 76 mm
Alcance	Ametralladora 7,62mm: 1200 efectivo / 4000 máximo Ametralladora 12,7mm: 1800 efectivo / 6900 máximo Misil SPIKE: 200 – 8000 m
Capacidad de munición	Munición 7,62mm: 1000 cartuchos Munición 12,7mm: 600 cartuchos
Ángulo elevación/depresión	-20° a +60°
Velocidad de giro	Horizontal: 90°/s Vertical: 70°/s
Altura	780 mm
Peso	135 kg

**Tabla 12.** Datos técnicos "Protector M-151" [12] [14]



**Figura 27.** "Protector M-151" [14]



**RCWS MiniSamson**

Tipo armamento	Ametralladoras de: 5,56 – 7,62 – 12,7 (mm) Lanzagranadas de 40 mm Lanza misiles SPIKE
Lanza fumígenos	No
Alcance	Ametralladora 5,56 mm: 1000m efectivo / 4000m máximo Ametralladora 7,62mm: 1200 efectivo / 4000 máximo Ametralladora 12,7mm: 1800 efectivo / 6900 máximo Misil SPIKE: 200 – 8000 m
Capacidad de munición	Munición 5,56mm: 800 cartuchos Munición 7,62mm: 460 cartuchos Munición 12,7mm: 200 cartuchos
Ángulo elevación/depresión	-20° a +60°
Velocidad de giro	Horizontal: 60°/s Vertical: 40°/s
Altura	580 mm
Peso	150 kg

**Tabla 13.** Datos técnicos RCWS "MiniSamson" [12] [15]



**Figura 28.** RCWS "MiniSamson"



## Anexo E. Matrices de comparación.

### Matriz de comparación de criterios.

Inconsistencia: 0,01	Potencia de Fuego	Movilidad	Cámara
Potencia de Fuego	1	1/7	1/3
Movilidad	7	1	3
Cámara	5	1/3	1

### Matriz de comparación de subcriterios.

#### Potencia de fuego

Inconsistencia: 0,05	Tipo Armamento	Cadencia	Alcance	Capacidad munición
Tipo Armamento	1	1	1/3	1/9
Cadencia	1	1	1/3	1/7
Alcance	3	3	1	1/7
Capacidad munición	9	7	7	1

#### Movilidad

Inconsistencia: 0,05	Ángulo elevación/depresión	Velocidad giro	Peso	Altura
Ángulo elevación/depresión	1	1/7	3	1/3
Velocidad giro	7	1	7	3
Peso	1/3	1/7	1	1/5
Altura	3	1/3	5	1

#### Cámara

Inconsistencia: 0,00	Definición	Alcance
Definición	1	5
Alcance	1/5	1



### Matriz de comparación de alternativas

#### Tipo armamento

Inconsistencia: 0,04	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	3	9	7
RCWS MiniSamson	1/3	1	7	3
FLW 200	1/9	1/7	1	1/3
Protector M-151	1/7	1/3	3	1

#### Cadencia

Inconsistencia: 0,00	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	1	1	1
RCWS MiniSamson	1	1	1	1
FLW 200	1	1	1	1
Protector M-151	1	1	1	1

#### Alcance

Inconsistencia: 0,00	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	1/9	1	1/9
RCWS MiniSamson	9	1	9	1
FLW 200	1	1/9	1	1/9
Protector M-151	9	1	9	1

#### Capacidad de munición

Inconsistencia: 0,07	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	3	3	1/3
RCWS MiniSamson	1/3	1	3	1/3
FLW 200	1/3	1/3	1	1/5
Protector M-151	3	3	5	1



Ángulo elevación/depresión

Inconsistencia: 0,00	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	1	1/3	1
RCWS MiniSamson	1	1	1/3	1
FLW 200	3	3	1	3
Protector M-151	1	1	1/3	1

Velocidad de giro

Inconsistencia: 0,06	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	5	7	1/3
RCWS MiniSamson	1/5	1	3	1/7
FLW 200	1/7	1/3	1	1/9
Protector M-151	3	7	9	1

Peso

Inconsistencia: 0,02	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	1/3	1	1/5
RCWS MiniSamson	3	1	3	1/3
FLW 200	1	1/3	1	1/5
Protector M-151	5	3	5	1

Altura

Inconsistencia: 0,01	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M-151
Guardian 2.0	1	1	3	3
RCWS MiniSamson	1	1	5	5
FLW 200	1/3	1/5	1	1
Protector M-151	1/3	1/5	1	1



Definición

Inconsistencia: 0,00	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M- 151
Guardian 2.0	1	5	5	5
RCWS MiniSamson	1/5	1	1	1
FLW 200	1/5	1	1	1
Protector M-151	1/5	1	1	1

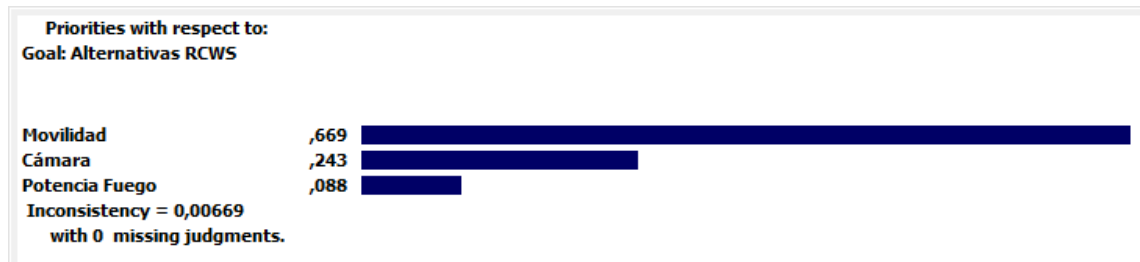
Alcance

Inconsistencia: 0,05	Guardian 2.0	RCWS MiniSamson	FLW 200	Protector M- 151
Guardian 2.0	1	5	9	9
RCWS MiniSamson	1/5	1	5	5
FLW 200	1/9	1/5	1	1
Protector M-151	1/9	1/5	1	1

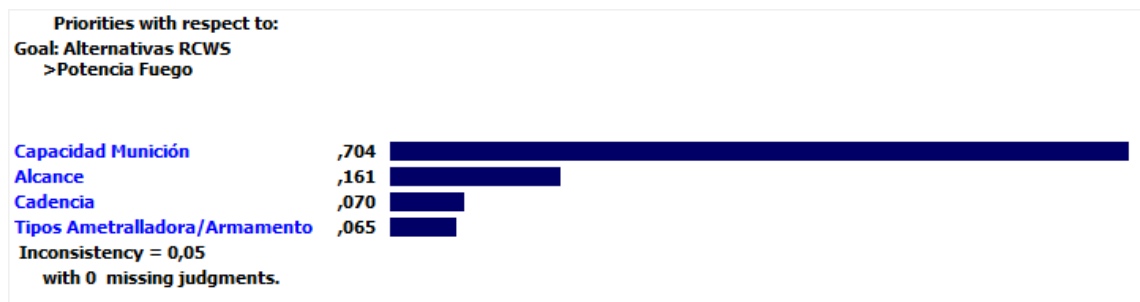


## Anexo F. Jerarquización.

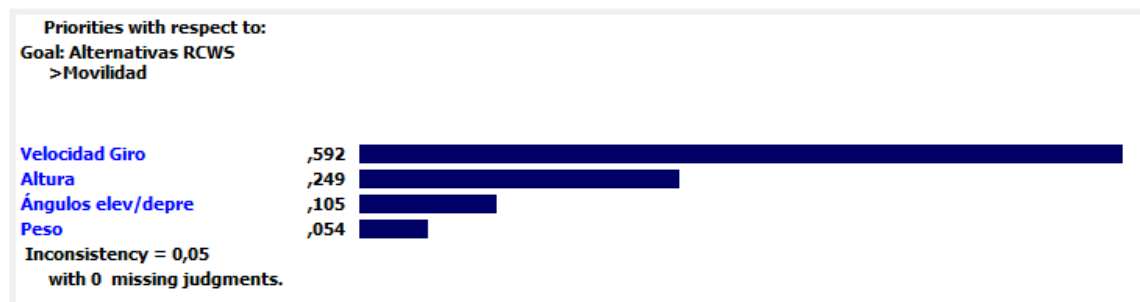
### Criterios



### Subcriterios de Potencia de fuego



### Subcriterios de Movilidad



### Subcriterios de Cámara



### Alternativas

Synthesis with respect to:  
Goal: Alternativas RCWS

