



## Trabajo Fin de Grado

Adaptación de un vehículo VAMTAC de carga para su empleo como FDC de UAF/Sección en unidades de Artillería remolcada

Cristo David Lucano Santana

Director académico: Dr. D. Óscar De la Iglesia Pedraza

Director militar: Cap. D. Jerónimo Abelardo Figueredo Muñoz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## Agradecimientos

Me gustaría agradecer a todo el personal de la unidad que me ha ayudado a la hora de realizar el trabajo. También me gustaría agradecer en primer lugar a mi director académico, Dr. D. Óscar De la Iglesia Pedraza, por toda la dedicación y ayuda que me ha proporcionado durante toda la realización del trabajo, y en segundo lugar a mi director militar, Cap. D. Jerónimo Abelardo Figueredo Muñoz, por su ayuda recibida durante las prácticas externas.



## RESUMEN

El Centro Director de Fuegos o FDC (de sus siglas en inglés *Fire Direction Center*) es en las unidades de artillería de campaña del Ejército de Tierra un elemento clave para llevar a cabo la dirección de los fuegos. A pesar de su importancia, no se ha desarrollado ningún vehículo concreto para dicha función, siendo responsabilidad de las distintas unidades el improvisar algún vehículo de los que tengan en dotación para utilizarlo como FDC. Así, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado es llevar a cabo la adaptación de un VAMTAC de carga para su uso como FDC, de manera que se pueda obtener un vehículo común para que pueda usarse como Centro Director de Fuegos en todas las unidades.

En este trabajo se llevó a cabo en un primer lugar un estudio de los vehículos que actualmente llevan montados el FDC en el Ejército de Tierra. Una vez estudiados los distintos vehículos, con ayuda del material bibliográfico así como de manuales, se llevó a cabo un estudio en profundidad del VAMTAC, viendo sus características y propiedades más importantes. Así, se llegó a la parte más importante del trabajo, el estudio de la adaptación del VAMTAC para su empleo como FDC. Con dicho fin, se realizaron en un primer momento una serie de entrevistas al personal de la unidad, para lograr así tener una idea clara del problema así como de los pasos a seguir. Una vez obtenida la visión general, se establecieron dos objetivos a cumplir.

El primer objetivo consistió en evaluar si verdaderamente el VAMTAC era la mejor opción para utilizarlo como FDC, comparándolo con los vehículos actuales que usaban en la unidad con dicho fin, en este caso en la unidad había un único modelo que se usaba como Centro Director de Fuegos, el vehículo ligero Santana Aníbal. Este estudio se ha llevado a cabo mediante un análisis multicriterio. Este análisis se ha hecho en base a los resultados de dos encuestas respondidas por los miembros de la unidad que habían tenido todo tipo de experiencias con el VAMTAC y con el vehículo ligero. Los resultados de las encuestas se han cuantificado mediante una escala Likert. Con los resultados de las encuestas se han determinado la importancia de las diferentes características de los vehículos y la valoración de las mismas en los dos vehículos estudiados. Los resultados obtenidos de este análisis reflejaron que el VAMTAC era la mejor opción.

El segundo objetivo consistía en llevar a cabo el estudio de la adaptación del VAMTAC. Para ello, en primer lugar, se llevó a cabo un AMFE para estudiar los posibles defectos que podía presentar el VAMTAC y obtener la manera de poder o bien solucionarlos o bien reducirlos. En segundo lugar, con ayuda de los especialistas se estudió cómo debía llevarse a cabo la adaptación del vehículo, centrándose los trabajos en la parte estructural del VAMTAC y en la parte eléctrica, que fue la parte más complicada. Los resultados fueron satisfactorios y la adaptación del vehículo era completamente viable y segura. Para completar esta parte, se ha realizado un análisis de los costes derivados de la adaptación del VAMTAC.

## PALABRAS CLAVE

Ejército de Tierra, Centro Director de Fuegos, mantenimiento, adaptación.



## ABSTRACT

The Fire Direction Center or FDC is a key element in the field artillery units in order to carry out the fire direction. In spite of its importance, no specific vehicle has been developed for this function, being the responsibility of the different units to choose a vehicle they have available in their own settlements in order to be used as FDC. Thus, the title of this Final Degree Project is to develop the adaptation of a cargo VAMTAC for its use as FDC, so that a common vehicle can be obtained to be used as Fire Direction Center in all units.

In this work, firstly, a study of the vehicles that currently carry the FDC in the Army was carried out. Once the different vehicles were studied, with the help of bibliographic material as well as manuals, an in-depth study of the VAMTAC was carried out, with the purpose of looking for its most important characteristics and properties. Then, the most important part of the work was reached, the study of the adaptation of the VAMTAC for its use as FDC. To achieve this part, it was performed several interviews with the unit's personnel in order to obtain a clear idea of the problem and the steps to be followed. Once the overview was obtained, two objectives were established.

The first objective consisted on evaluating whether the VAMTAC was really a better option for its use as a FDC, comparing it with the current vehicles used in the unit for this purpose, in this case in the unit there was only one model that was used as a fire director center, the light vehicle Santana Aníbal. This study was carried out by means of a multi-criteria analysis. This analysis was based on the results of two surveys answered by members of the unit who had had all kinds of experiences with the VAMTAC and the light vehicle. The survey results were quantified using a Likert scale. Using the results of the surveys, the importance of the different vehicle characteristics and the rating of these characteristics in the two vehicles studied were determined. The results obtained from this analysis showed that the VAMTAC was the best option.

The second objective was to carry out a study of the adaptation of the VAMTAC. To do this, firstly, an FMEA was carried out to study the possible defects that the VAMTAC could present and to obtain the way to either solve or reduce them. Secondly, with the help of specialists, we studied how the adaptation of the vehicle should be done, focusing the work on the structural part of the VAMTAC and on the electrical one, which was the most complicated part. The results were satisfactory and the adaptation of the vehicle was completely feasible and safe. To fully complete this last part, it was done an analysis of the costs derived from the adaptation of the VAMTAC.

## KEYWORDS

Army, Fire Director Center, maintenance, adaptation.



# INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	I
<b>RESUMEN.....</b>	II
<b>ABSTRACT.....</b>	III
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	IV
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	VI
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	VII
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	VIII
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Motivación.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.4. Alcance .....	3
1.5. Metodología .....	3
1.6. Ámbito de aplicación.....	4
<b>2. VEHÍCULOS QUE ALOJAN EL FDC ACTUALMENTE .....</b>	5
2.1. Vehículo ligero .....	5
2.2. Camión Iveco M250 .....	7
2.3. TOA M-577 .....	8
2.4. Vehículo VAMTAC .....	9
2.5. Características del VAMTAC .....	10
2.6. Materiales a portar en el puesto de mando .....	12
2.6.1. Radioteléfono PR-4G 9500 .....	12
2.6.2. Ordenador portátil.....	13
<b>3. ANÁLISIS MULTICRITERIO .....</b>	14
<b>4. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS.....</b>	18
4.1. Fallos detectados inicialmente.....	21
4.2. Soluciones a los fallos encontrados .....	24
<b>5. ADAPTACIÓN DEL FDC AL VAMTAC.....</b>	28
5.1. Estructura del vehículo .....	28
5.1.1. Montaje de la estructura que aloja las radios vehiculares.....	29
5.2. Sistema eléctrico del vehículo .....	31
5.2.1. Modificación del sistema eléctrico .....	33



<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTES .....</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXO I. CRITERIOS DE CALIDAD AMFE .....</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXO II. ENTREVISTAS A EXPERTOS .....</b>	<b>43</b>
	<b>ANEXO III. FICHA TÉCNICA GE-2000 MI .....</b>	<b>46</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organización de una Batería 105 remolcada Light Gun. Fuente: [4] .....	2
Figura 2. Vehículo ligero modelo Nissan Patrol. Fuente: [5].....	6
Figura 3. Vehículo ligero modelo Santana Aníbal. Fuente: [Elaboración propia] .....	6
Figura 4. Características Iveco M250. Fuente: [Elaboración propia] .....	7
Figura 5. Características TOA M-577. Fuente: [10] .....	8
Figura 6. Vehículo VAMTAC de carga. Fuente: [Elaboración propia].....	9
Figura 7. Diferentes aplicaciones del vehículo VAMTAC. Fuente: [11]. .....	10
Figura 8. Transceptor RT-9500 del VAMTAC. Fuente: [Elaboración propia] .....	12
Figura 9. Ordenador portátil para el empleo de Talos. Fuente: [Elaboración propia].....	13
Figura 10. Gato completamente abierto y no llega al chasis del vehículo. Fuente: [Elaboración propia].....	22
Figura 11. Plataforma del gato deformada después de su uso. Fuente: [Elaboración propia]...	22
Figura 12. Afuste en el VAMTAC para acoplar la rueda de repuesto. Fuente: [Elaboración propia] .....	24
Figura 13. Antena vehicular AT-4331 E. Fuente: [15].....	25
Figura 14. Placa para transporte de petacas del VAMTAC. Fuente: [Elaboración propia].....	25
Figura 15. Vista exterior del VAMTAC de carga. Fuente: [Elaboración propia].....	28
Figura 16. Interior de la parte trasera del VAMTAC. Fuente: [Elaboración propia] .....	29
Figura 17. Configuración vehicular delantera del vehículo VAMTAC. Fuente [Elaboración propia] .....	30
Figura 18. Configuración vehicular de las radios en el vehículo ligero Santana Aníbal. Fuente: [Elaboración propia] .....	30
Figura 19. Aparato convertidor de corriente continua a corriente alterna. Fuente: [20] .....	31
Figura 20. Interruptor diferencial. Fuente: [Elaboración propia].....	32
Figura 21. Ventana que deberá quitarse para pasar el cableado. Fuente: [Elaboración propia]	33
Figura 22. Hueco obtenido al quitar la ventana. Fuente: [Elaboración propia] .....	33



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Masas máximas permitidas por el vehículo VAMTAC. Fuente: [13].....	11
Tabla 2. Importancia que da el encuestado a cada propiedad del vehículo. Fuente: [Elaboración propia].....	14
Tabla 3. Promedio y desviación obtenidas de las valoraciones de los encuestados a cada una de las propiedades de los vehículos. Fuente: [Elaboración propia].....	16
Tabla 4. Valoración final obtenida a cada vehículo. Fuente: [Elaboración propia] .....	17
Tabla 5. Tabla resumen de la clasificación seguida para el cálculo del NPR. Fuente: [17] .....	20
Tabla 6. AMFE de diseño inicial. Fuente: [Elaboración propia] .....	23
Tabla 7. AMFE de diseño final. Fuente: [Elaboración propia].....	26



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACA – Artillería de Campaña

EMAN – Escalón de mantenimiento

FDC – *Fire Direction Center*

UAF – Unidad de Apoyo de Fuegos

VAMTAC - Vehículo de Alta Movilidad Táctico



# 1. Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo de Fin de Grado “Adaptación de un vehículo VAMTAC de carga para su empleo como FDC de UAF/sección en unidades de artillería remolcada”, el cual ha sido realizado en el Regimiento de Artillería de Campaña nº 93, localizado en Tenerife. Este trabajo se llevó a cabo durante las prácticas externas realizadas en dicha unidad, con una duración de 6 semanas entre los meses de septiembre y octubre de 2022.

## 1.1. Antecedentes

La artillería de campaña (ACA) es una parte de la artillería, que es a su vez una de las seis especialidades fundamentales del Ejército de Tierra (ET). La ACA se ocupa de realizar fuegos contra objetivos de superficie, pues de los objetivos aéreos se encarga la otra rama de la artillería, la artillería antiaérea. Se conoce como fuego a la acción de explosionar uno o varios proyectiles, cohetes o misiles sobre un objetivo con la finalidad de obtener unos efectos determinados. El fuego a su vez puede ser directo o indirecto. Se denomina fuego directo a aquel que se realiza sobre un objetivo con el que hay una línea de visión directa. Por su parte, fuego indirecto es aquel que se realiza sobre un objetivo con el que no hay una línea de visión, sino que puede estar, por ejemplo, oculto detrás de una montaña. El fuego indirecto es la forma más habitual de actuación de la ACA, empleando el fuego directo en misiones secundarias o para autodefensa. [1]

La eficacia de las unidades de artillería de campaña depende en gran medida de la exactitud en el cálculo de los datos de tiro y en la rapidez con que dichos datos se calculan y se envían a los medios que realizan el fuego, esto es, las piezas. Antiguamente, para el cálculo de los datos de tiro se empleaban métodos gráficos, pues en su momento eran más rápidos y proporcionaban suficiente precisión. A medida que los medios electrónicos se han ido incorporando a las unidades de artillería, el cálculo de los datos de tiro ha mejorado en rapidez y exactitud. Estas mejoras han ido más allá con la aparición de los medios informáticos y de transmisión automática de datos vía radio.

La dirección de los fuegos consiste en el planeamiento de las acciones de fuego de acuerdo con las órdenes e información recibidas, así como el control de su ejecución, para conseguir los efectos y la finalidad deseada. La dirección de los fuegos se divide en una dirección táctica y una dirección técnica. Este proyecto se centra en la dirección técnica, la cual es el proceso de convertir las características de arma y munición (velocidad inicial, temperatura de la carga de proyección y peso del proyectil), situación de piezas y objetivo e información meteorológica en datos de tiro. A su vez, los datos de tiro que se utilizan son los siguientes: tipo de proyectil; carga de proyección, la cual incluye el lote, el tipo de munición y la zona donde se encuentra situada; tipo de espoleta, que es el artificio encargado de comenzar el fuego; deriva u orientación de la línea de tiro; y ángulo de tiro. [2] [3]

En la actualidad, la dirección de los fuegos se realiza a través del Centro Director de Fuegos o FDC (del inglés *Fire Direction Center*), a través del sistema de mando y control Talos. Este sistema es un conjunto de software y hardware diseñado como herramienta para el mando y control de todos los elementos que realizan fuego sobre los distintos objetivos, tanto aéreos como terrestres o navales, que están participando en el combate.



El FDC se materializa en un puesto montado sobre un vehículo que cuenta con un grupo de radios para establecer comunicación, y con un ordenador en el que se encuentra integrado el sistema Talos previamente mencionado. El FDC estará integrado dentro de una sección de una batería. La composición de una batería depende de la unidad pero, por lo general, consta de dos secciones de armas con sus respectivos vehículos, el FDC montado sobre el vehículo correspondiente, un equipo topográfico y una pequeña plana de mando (véase Figura 1).

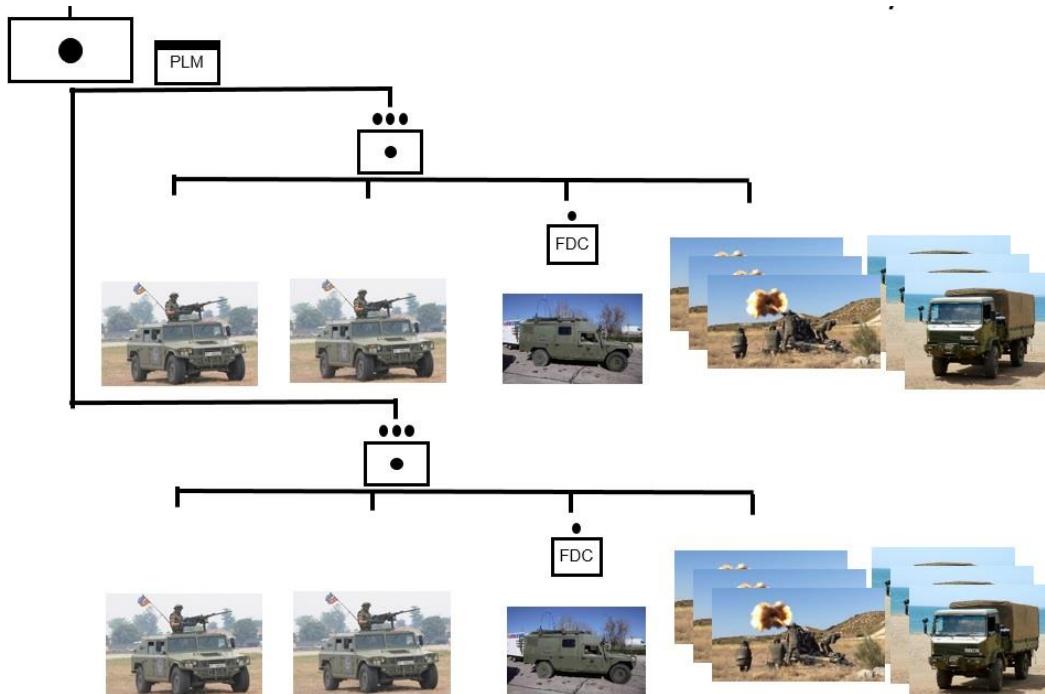


Figura 1. Organización de una Batería 105 remolcada Light Gun. Fuente: [4]

Actualmente en el Ejército de Tierra, el Centro Director de Fuegos se encuentra montado sobre distintos modelos de vehículos, dependiendo de la unidad de artillería de campaña de que se trate. Estos vehículos son los tres siguientes: el vehículo ligero Santana Aníbal (aunque también se considera como vehículo ligero otra versión más antigua, el Nissan Patrol), el camión Iveco M250 y el TOA M-577.

## 1.2. Motivación

Actualmente en el Ejército de Tierra el Centro Director de Fuegos va montado sobre una serie de vehículos que presentan varios inconvenientes, destacan sobre todo el espacio reducido y la baja movilidad, y en menor medida la poca seguridad que presentan los modelos actuales en un terreno irregular como puede ser un terreno con baches y vegetación. Como consecuencia de esto, es necesario llevar a cabo un estudio para implementar el FDC sobre un vehículo más seguro, pero sobre todo con mayor espacio y movilidad, el VAMTAC de carga.



### **1.3. Objetivos**

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es llevar a cabo la adaptación de un vehículo VAMTAC de carga para su empleo como FDC. A su vez, este objetivo principal se dividirá en los dos objetivos secundarios siguientes:

El primero de estos objetivos es llevar a cabo un estudio comparativo de los distintos vehículos disponibles en el Ejército de Tierra que pueden emplearse para alojar el FDC, centrándose en aquellos disponibles en la unidad. El segundo objetivo consiste identificar las carencias que presenta el vehículo VAMTAC y proponer las modificaciones necesarias en él con el fin de adaptarlo y permitir así su uso como Centro Director de Fuegos.

### **1.4. Alcance**

En función de los objetivos previamente propuestos, se expone a continuación el alcance para cada uno de ellos.

Con respecto al primer objetivo, el estudio comparativo entre los distintos vehículos disponibles para emplearse como FDC, se realizó en base a las propiedades de los vehículos, que fueron la comodidad, la autonomía, la movilidad, la seguridad y el espacio disponible.

En cuanto al segundo objetivo, se han identificado los fallos en el vehículo VAMTAC y se han propuesto posibles mejoras para o bien reducir la posibilidad de que ocurrieran esos fallos detectados o bien poder reaccionar en el caso de que éstos aparecieran. Además, el siguiente trabajo que se realizó fue la propuesta de adaptación propiamente dicha del VAMTAC para poder emplearlo como FDC. Dicha propuesta de adaptación se dividió a su vez en dos partes: cambios en la parte estructural y cambios en la parte eléctrica del vehículo.

### **1.5. Metodología**

Como primera toma de contacto y con el fin de obtener información acerca del trabajo a tratar, se consultaron distintas fuentes bibliográficas, destacando varios manuales además de páginas web del Ejército de Tierra. En segundo lugar, se recabó información acerca del problema a través de entrevistas realizadas a distintos expertos de la unidad, destacando sobre todo la ayuda de los tenientes, sargentos y distintos especialistas tanto de la escala de suboficiales como de la de tropa.

En segundo lugar, con el fin de cumplimentar el primer objetivo secundario marcado, se llevó a cabo un análisis multicriterio para comparar los distintos vehículos que pueden alojar el FDC. Para realizar este análisis se llevaron a cabo dos encuestas, cuyos resultados fueron cuantificados con una escala Likert. A continuación, se realizó un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) con el fin de determinar qué fallos de diseño del vehículo podían suponer algún contratiempo para obtener así las modificaciones que era necesario realizar para adaptar el VAMTAC de carga para su empleo como Centro Director de Fuegos. Finalmente, con ayuda de



los mecánicos del escalón de mantenimiento<sup>1</sup> de la unidad se llevó a cabo el estudio para la adaptación del VAMTAC. Estos trabajos a realizar sobre el vehículo se dividirían en dos procesos: en primer lugar, el de instalar y configurar la estructura donde se deben colocar las radios en la parte trasera del vehículo, y en segundo lugar, desarrollar un nuevo sistema eléctrico capaz de hacer circular la corriente eléctrica desde las baterías situadas en la parte delantera del vehículo hacia el resto de componentes del FDC, colocados en su mayoría en la parte trasera del mismo.

## 1.6. Ámbito de aplicación

El FDC es un elemento que se encuentra en todas las unidades de artillería de campaña puesto que es necesario para la dirección de los fuegos. Es por ello que el ámbito de aplicación del trabajo además de aplicarse en la unidad en cuestión, será también aplicable al resto de unidades de ACA del Ejército de Tierra.

---

<sup>1</sup> Escalón de mantenimiento: unidad encargada de llevar a cabo reparaciones o modificaciones de todo tipo sobre distintos materiales, como armamento individual o colectivo, transmisiones o vehículos, con el fin de recuperar dicho material que ha sufrido deterioro debido a su uso constante para el servicio. Hay cuatro escalones de mantenimiento, si el primer escalón de mantenimiento no es capaz de realizar la reparación en cuestión, ésta pasaría a segundo escalón, y así de manera sucesiva hasta llegar al cuarto escalón. En todas las unidades se encuentra, como mínimo, el primer y el segundo escalón, y suelen estar formados por personal especialista.



## 2. Vehículos que alojan el FDC actualmente

El FDC va adaptado en la zona trasera del vehículo y su composición fundamental consta de radios y de ordenadores para el mando y control. Como se señaló en los antecedentes, en la actualidad el Centro Director de Fuegos va montado sobre estos tres vehículos: el vehículo ligero, tanto el modelo antiguo como el modelo más reciente, el camión Iveco M250 y el TOA M-577. A continuación se explicarán las características más importantes de estos vehículos.

### 2.1. Vehículo ligero

Dentro de los vehículos ligeros en dotación en el Ejército hay que distinguir dos modelos, la versión más antigua, el Nissan Patrol (véase Figura 2) y la versión más moderna, el Santana Aníbal (véase Figura 3).

Como ventajas de este tipo de vehículos se encuentran en primer lugar su tamaño menor, que aporta, entre otras muchas ventajas, la capacidad de llevar a cabo una ocultación del vehículo rápida y eficaz, estacionarlo con mayor facilidad y transportarlo por medios aéreos o marítimos sin ningún problema. Otra de sus ventajas es su poco peso en comparación con el resto, y por último, su menor consumo, dotándole así de mayor autonomía.

Como desventajas, destacan su menor maniobrabilidad y adaptabilidad al terreno, además, debido al menor tamaño de la parte trasera donde va alojada el FDC, el espacio para los tripulantes y para el material indispensable se ve notablemente reducido. Por último, destaca también que no presenta ningún tipo de blindaje.

En lo que a las características del Nissan Patrol se refiere, dentro de este modelo de vehículo destacan a su vez dos versiones distintas, la primera que llegó fue el Nissan con motor de 4 cilindros, para posteriormente llegar otra versión más potente con un motor de 6 cilindros. Ambos siguen operativos hoy en día. [5] [6]

Estos vehículos están basados en un chasis de batalla corta, de 4,1 m de longitud, tipo *pick-up*. Poniendo el foco en el motor de 4 cilindros, es atmosférico de 2.820 centímetros cúbicos con 82 caballos de vapor, caja de cambios de cinco velocidades y reductora. Con respecto al modelo con el motor más potente, cuenta con un motor también atmosférico de 3.200 centímetros cúbicos de 95 caballos de vapor, también con cinco velocidades y reductora.

Las principales modificaciones de este modelo con respecto a un Nissan Patrol de uso civil se centran en el parabrisas, que es abatible, los paragolpes delantero y trasero, más robustos que los de la versión civil, mejorando así los ángulos de ataque y salida, y algunos accesorios como ganchos o pilotos o la instalación eléctrica de 24 voltios, que siguen las especificaciones de la OTAN. Tiene una autonomía alrededor de los 900 km y un consumo de 11 L a los 100 km.



Figura 2. Vehículo ligero modelo Nissan Patrol. Fuente: [5]

Centrándose ahora en las características del segundo modelo, es decir el vehículo ligero Santana Aníbal, cabe destacar en primer lugar que es un vehículo que puede encontrarse en versión carrozada, que es la menos habitual, o con techo de lona, siendo esta la predominante en la mayoría de las unidades. Posee un motor de 125 caballos de vapor, capaz de trabajar a 3.600 revoluciones por minuto. Respecto a sus dimensiones, es un vehículo de 4,7 m de largo y 1,8 m de ancho. Posee un peso de 1.975 kilogramos. En cuanto a los ángulos de ataque y salida, tienen una cota de 60º y 40º respectivamente. Al igual que en el caso del Nissan Patrol, presentan dos baterías que suman un total de 24 voltios. Tiene una autonomía aproximada de 800 km y un consumo de unos 12 L a los 100 km. [7] [8]



Figura 3. Vehículo ligero modelo Santana Aníbal. Fuente: [Elaboración propia]



## 2.2. Camión Iveco M250

En segundo lugar, se encuentra el camión IVECO M250 (véase Figura 4). Como en el caso anterior, el alojamiento del FDC va situado en la parte trasera del vehículo y su composición así como su comodidad suele ser mayor que la del vehículo ligero Aníbal debido a su mayor tamaño. Además de contar con radios y ordenadores para mando y control puede contar también con asientos así como mesas y pizarras para llevar a cabo un mejor planeamiento de la maniobra.

Como ventajas de este tipo de vehículos destacan el mayor tamaño del habitáculo, que permite mayor cantidad de objetos en su interior como se ha comentado anteriormente. Además, destaca también su mayor potencia y permite transportar mayor peso debido a su mayor Masa Máxima Autorizada (MMA).

Como desventajas se encuentran su mayor consumo de combustible, lo cual hace que disminuya considerablemente su autonomía, al no poder llevar tanto combustible para repostar como en el caso del vehículo ligero, así como su gran tamaño, que hace que sea más difícil la ocultación de dicho vehículo además de que sea más difícil de estacionar y de transportar cuando hay que llevarlo en barco. Por último, igual que en el caso anterior, no tiene blindaje.

De las características técnicas más importantes del camión Iveco M250 destacan sus dimensiones, con una longitud total de 8,4 m y una anchura de 2,6 m. Al igual que en los casos anteriores cuenta con un sistema eléctrico de 24 voltios. Presenta una potencia de 294 caballos de vapor y una autonomía de 800 km, siendo su depósito de 300 L y consumiendo unos 37,5 L a los 100 km. [9]



Figura 4. Características Iveco M250. Fuente: [Elaboración propia]



## 2.3. TOA M-577

En tercer lugar, se encuentra el TOA M-577 (véase Figura 5) de composición similar a los dos vehículos anteriores.

Como ventaja de este tipo de vehículos, destaca sobre todo su blindaje, pues al contrario que ocurre con el vehículo ligero y el camión, el TOA M-577 sí que posee blindaje y por tanto confiere mayor seguridad al personal que viaja en el vehículo. Además, al ser un vehículo de cadenas presenta también mayor movilidad en el terreno en comparación con los casos anteriores.

Como desventaja, destacan principalmente el peso de vehículo y la antigüedad del mismo, que se ve reflejada en una tecnología antigua y de una menor calidad, lo que dificulta su uso. Además, debido a su gran peso, el TOA presenta un gran consumo y su autonomía es mucho inferior a la de los dos vehículos anteriores, se verá en el siguiente párrafo, donde se exponen las características técnicas del vehículo.

De sus características más relevantes destacan su peso, que oscila entre las 11 y las 18 toneladas, dependiendo del material que lleve cada vehículo en su interior, un motor de una potencia que varía entre 300 y 350 caballos de vapor y una autonomía de 480 km.



Figura 5. Características TOA M-577. Fuente: [10]



## 2.4. Vehículo VAMTAC

El VAMTAC, acrónimo de Vehículo de Alta Movilidad Táctico, es uno de los mejores vehículos que tiene el Ejército de Tierra. Este vehículo se viene utilizando desde finales del siglo pasado. El primer modelo de este vehículo fue el Rebeco, cuya fabricación comenzó en 1998. Posteriormente, en 2004 se comenzó a fabricar una nueva versión, el modelo S3 y en el año 2013 se lanzó la versión más reciente, el VAMTAC ST5.



Figura 6. Vehículo VAMTAC de carga. Fuente: [Elaboración propia]

Actualmente en el ejército están presentes las tres unidades de este tipo de vehículo. Es decir, el modelo más antiguo, el VAMTAC Rebeco, el modelo intermedio, el VAMTAC S3 y por último, el modelo más reciente, el VAMTAC ST5, que presenta algunas mejoras con respecto a sus antecesores destacando entre otras un mayor blindaje, y mayor cantidad de materiales tecnológicos. En cambio, el ST5 también presenta algunas desventajas, como menor espacio de carga disponible. Este proyecto se centra en implementar el FDC en los dos modelos más antiguos, es decir, el VAMTAC Rebeco y el modelo S3, puesto que son los vehículos que se encuentran en mayor cantidad en las unidades de toda España.

Es importante recalcar que debido a la gran variedad de configuraciones así como versatilidad que presentan estos vehículos, son ideales para llevar a cabo el proyecto, pues el vehículo VAMTAC permite numerosas aplicaciones distintas, pudiéndose usar como vehículo de rescate, de transporte, o como ambulancia entre otros (véase Figura 7). [11]



Figura 7. Diferentes aplicaciones del vehículo VAMTAC. Fuente: [11].

Este vehículo combina las características de los vehículos anteriores de manera que presenta algunas ventajas claras frente a los explicados anteriormente. En primer lugar, presenta un menor consumo que el camión IVECO M-250 y el TOA M-577, alrededor de los 17 L a los 100 km, aunque es un poco superior al caso del vehículo ligero Aníbal, que consume entre unos 12-15 L a los 100 km. Además, tiene un blindaje mejor que el del vehículo ligero y que el del camión, aunque inferior al del TOA M-577. En cuanto al espacio, a pesar de no ser el que mayor espacio tenga disponible, sí que presenta el espacio suficiente para llevar el material necesario para el mando y control de las operaciones, es decir, las radios y los ordenadores, y también podría transportar otro material adicional. [12] [13]

## 2.5. Características del VAMTAC

Estos vehículos tienen unas dimensiones de 4,8 m de longitud, 2,1 m de anchura y 1,8 m de altura. En cuanto al motor, están dotados de un bloque diésel de 3,2 L y 6 cilindros en línea con una potencia de 188 caballos de vapor y 410 N·m de par que, opcionalmente, pueden ampliarse hasta los 218 CV y los 500 N·m, respectivamente, lo cual permitiría modificar el vehículo para tener así una configuración más potente. Para gestionar el esfuerzo de su motor emplean una caja automática de cinco relaciones que transmite su giro a los dos ejes del vehículo, con un diferencial completamente bloqueable. Permite una autonomía de unos 600 km debido a los 15-17 L de combustible que consume a los 100 km. Su depósito de combustible es de 110 L. Además, pueden llegar a alcanzar una velocidad máxima de 135 km/h.

De su composición destacan sus dos baterías principales, cada una de ellas con una capacidad de 110 A así como un alternador de 180 A, aunque habrá vehículos que no dispongan de dicho alternador. [13] [14]



Por último, su masa máxima autorizada total es de 6.300 kg y en caso de llevar remolque asciende a 9.800 kg (según Tabla 1). Con esta MMA no tendrá problemas para alojar los componentes que forman el Centro Director de Fuegos.

*Tabla 1. Masas máximas permitidas por el vehículo VAMTAC. Fuente: [13]*

Masa máxima autorizada	6300 kg
Masa máxima eje delantero	2800 kg
Masa máxima eje trasero	3700 kg
Masa máxima autorizada del conjunto	9800 kg



## 2.6. Materiales a portar en el puesto de mando

Para llevar a cabo una correcta dirección de los fuegos, el Centro Director de Fuegos deberá llevar los siguientes materiales indispensables: ordenadores convencionales para el uso del sistema Talos y dos radios PR-4G para mantener comunicación con el resto de escalones de la maniobra.

### 2.6.1. Radioteléfono PR-4G 9500

El transceptor RT-9500 (véase Figura 8) es un equipo compacto y se usa como radioteléfono pesado en estaciones vehiculares. De sus características técnicas más importantes destacan su ancha banda de frecuencias, que van desde los 30 a los 88 MHz con una separación entre canales de 25 kHz y un total de 2320 canales. De sus características físicas, son importantes sus dimensiones, con 29,6 cm de largo, 13,7 cm de alto y 33,7 cm de ancho. Tiene un peso de 13 kg sin batería, pues va alimentada directamente a la batería del vehículo mediante un cable. El consumo máximo de la RT-9500 dependerá del modo: en recepción, consumirá 0,85 A y en transmisión consumirá 8 A, siendo ambas unas cantidades muy pequeñas y fácilmente soportables por las baterías. Como se indicó anteriormente, en el vehículo harán falta dos transceptores RT-9500, uno de ellos será usado para establecer comunicación por voz con el escalón superior y la otra radio será la que se conectará directamente al ordenador y tendrá como función transmitir los datos desde la radio al ordenador que serán usados en el sistema Talos para llevar a cabo la dirección de los fuegos. Es lo que se conoce como malla de datos y malla de tiro. Por último, las radios trabajan con corriente continua, esto quiere decir que las baterías, que también trabajan en corriente continua, podrán alimentar directamente a las radios sin necesidad de tener que hacer ningún tipo de modificación en el sistema. [15]



Figura 8. Transceptor RT-9500 del VAMTAC. Fuente: [Elaboración propia]



### 2.6.2. Ordenador portátil

Los ordenadores que se usan en el Centro Director de Fuegos son ordenadores portátiles convencionales adquiridos por el Ejército de Tierra (véase Figura 9). Los modelos son aquellos que usan procesadores o bien i3, que son los más económicos del mercado, o bien i5, un poco superiores. A pesar de que un modelo sea un poco más potente que el otro, ambos reúnen las características técnicas necesarias para hacer funcionar de manera correcta el sistema Talos en los ordenadores. Estos ordenadores, al contrario que ocurría con los transceptores RT-9500 serán alimentados mediante corriente alterna, esto será un detalle a tener en cuenta durante el desarrollo del trabajo, pues como se expuso en el apartado anterior, las dos baterías con las que cuenta el vehículo proporcionan corriente continua, de manera que habrá que modificar el circuito eléctrico del vehículo para conseguir que ésta corriente continua se transforme en corriente alterna y pueda alimentar a los ordenadores.



Figura 9. Ordenador portátil para el empleo de Talos. Fuente: [Elaboración propia]



### 3. Análisis multicriterio

Para realizar el análisis multicriterio, en primer lugar se llevaron a cabo dos encuestas a algunos de los suboficiales y oficiales de la unidad, pues al ser los responsables de los vehículos son expertos en detectar puntos débiles y aspectos a mejorar en dichos vehículos. Cabe destacar que a pesar de que el FDC puede ir montado también sobre el camión Iveco M250 y el TOA M577, en dichas encuestas solo se ha tenido en cuenta el vehículo VAMTAC y el vehículo ligero. No se han considerado otras alternativas que se han presentado anteriormente porque además de que en la unidad solo estaban presentes el VAMTAC y el vehículo ligero, el camión es demasiado grande y pesado, mientras que el TOA es un vehículo de muy poca autonomía y movilidad reducida. Por último, destacar también que los resultados obtenidos fueron cuantificados con una escala Likert.

Para poder realizar el análisis, la primera encuesta que se hizo tenía el fin de poder determinar la importancia que le daban los encuestados a distintas propiedades que debería tener un vehículo. La primera propiedad es la comodidad, básica, puesto que los usuarios deben pasar mucho tiempo en el vehículo. En segundo lugar, la autonomía, de vital importancia ya que permite abarcar más terreno sin tener que estar deteniendo la operación por tener que repostar. La tercera característica es la movilidad, que permite al vehículo pasar por cualquier tipo de terreno independientemente del estado en el que se encuentre. En cuarto lugar, el espacio, que debe ser amplio para poder llevar el Centro Director de Fuegos, tanto los equipos como el personal. Por último, la seguridad, como es obvio interesa que todo vehículo sea seguro a la hora de entrar en zona de operaciones. La encuesta fue la siguiente:

**Pregunta 1.** Para determinar qué es lo más importante en un vehículo. En una escala del 1 al 5, empezando con 1: innecesario y terminando con 5: muy importante, ¿cómo valoraría, respectivamente, la comodidad, autonomía, movilidad, espacio y seguridad en un vehículo?

La encuesta se realizó a un total de quince usuarios y los resultados se muestran en la Tabla 2. En base al promedio de las valoraciones obtenidas por cada propiedad se ha calculado el porcentaje de importancia de cada una de ellas. Este porcentaje de importancia se utilizará para evaluar los vehículos en el análisis multicriterio. También se muestra en la Tabla 2 las desviaciones de cada una de las características, por lo general no son datos muy desviados, siendo la característica que presenta una mayor desviación la seguridad, con un 0,91 de desviación.

Tabla 2. Importancia que da el encuestado a cada propiedad del vehículo. Fuente: [Elaboración propia]

Característica	Número de respuestas					Promedio	Desviación	Importancia
	1	2	3	4	5			
Comodidad	1	4	10	0	0	2,6	0,63	13,9 %
Autonomía	0	0	4	7	4	4,0	0,76	21,4 %
Movilidad	0	1	1	5	8	4,3	0,90	23,0 %
Espacio	0	0	3	3	9	4,4	0,83	23,5 %
Seguridad	0	2	7	4	2	3,4	0,91	18,2 %
Total					18,7			



De los resultados de la encuesta se puede ver que los usuarios consideraron que las características más importantes que debía tener el vehículo eran el espacio disponible (23,5 %), donde un número de 9 personas de un total de 15 la evaluaron con el valor máximo y la movilidad (23 %), donde 8 encuestados de un total de 15 evaluaron también con el valor máximo dicha característica. En el lado opuesto, la característica que consideraron menos importante fue con diferencia la comodidad (13,9 %).

Posteriormente se realizó otra encuesta en la que los encuestados respondieron a las mismas preguntas para el vehículo ligero y el VAMTAC. Las preguntas de esta encuesta fueron las siguientes:

**Pregunta 2.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la comodidad del vehículo ligero?

**Pregunta 3.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la autonomía del vehículo ligero?

**Pregunta 4.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la movilidad del vehículo ligero?

**Pregunta 5.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría al espacio del vehículo ligero?

**Pregunta 6.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la seguridad del vehículo ligero?

**Pregunta 7.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la comodidad del vehículo VAMTAC?

**Pregunta 8.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la autonomía del vehículo VAMTAC?

**Pregunta 9.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la movilidad del vehículo VAMTAC?

**Pregunta 10.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría al espacio del vehículo VAMTAC?

**Pregunta 11.** Siendo 1: pésima, 2: mala, 3: aceptable, 4: buena, 5: excelente, ¿qué valor le daría a la seguridad del vehículo VAMTAC?

Los resultados de esta encuesta se presentan en la Tabla 3. Para la obtención de los resultados se llevó a cabo un procedimiento similar al mostrado en la encuesta anterior, se sumaron las valoraciones dadas por los encuestados a cada propiedad en el propio vehículo y posteriormente se obtuvo la media de cada propiedad. Además, en este caso se obtuvieron también las desviaciones, obteniéndose unos resultados por lo general poco desviados. En el caso del vehículo ligero, fue el espacio la propiedad en la que más valoraciones distintas por parte de los encuestados se obtuvieron, mientras que en el VAMTAC fueron la autonomía y el espacio donde hubo una mayor disparidad de los resultados.



*Tabla 3. Promedio y desviación obtenidas de las valoraciones de los encuestados a cada una de las propiedades de los vehículos. Fuente: [Elaboración propia]*

Propiedad	Vehículo ligero		VAMTAC	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
Comodidad	2,50	0,53	3,50	0,53
Autonomía	4,25	0,46	2,88	0,83
Movilidad	2,13	0,64	4,50	0,53
Espacio	2,63	0,74	3,88	0,83
Seguridad	2,13	0,64	4,25	0,46

De los resultados de esta encuesta se desprende que las características del VAMTAC mejor valoradas por los encuestados son el espacio disponible, la seguridad y la movilidad. Estas tres propiedades son claramente superiores en el VAMTAC respecto al vehículo ligero. El espacio debe ser el suficiente para poder llevar todo el material necesario del FDC. Además el vehículo debe tener mucha movilidad, ya que es habitual que al salir a zona de operaciones los usuarios se encuentren con gran variedad de escenarios en donde la calidad del terreno muchas veces es baja, con una gran cantidad de baches o vegetación que cortan el camino.

En cuanto al resto de propiedades, cabe destacar que solo la autonomía es superior en el caso del vehículo ligero comparado con el VAMTAC, como ya se expresó anteriormente, el vehículo ligero tiene una autonomía que ronda los 800 km mientras que el VAMTAC posee una autonomía de unos 600 km. Esto es algo que hay que tener en cuenta a la hora de adaptar el VAMTAC para su empleo como Centro Director de Fuegos, de manera que este pequeño déficit que presenta en su autonomía pueda ser reducido de alguna manera.

Los resultados de las dos encuestas se han aplicado a un análisis multicriterio para obtener una evaluación cuantitativa de los dos vehículos con el fin de determinar si el empleo del VAMTAC de carga era mejor opción que el empleo del vehículo ligero. Para obtener la valoración total final se multiplicó la importancia que los encuestados daban a cada propiedad por el promedio de la valoración de cada propiedad de los dos vehículos. Los cálculos realizados junto con la valoración final de cada vehículo se muestran en la Tabla 4.



Tabla 4. Valoración final obtenida a cada vehículo. Fuente: [Elaboración propia]

Propiedad	Importancia (%)	Promedio Ligero	Promedio VAMTAC	Vehículo Ligero	VAMTAC
Comodidad	13,9 %	2,50	3,50	0,35	0,49
Autonomía	21,4 %	4,25	2,88	0,91	0,62
Movilidad	23,0 %	2,13	4,50	0,49	1,04
Espacio	23,5 %	2,63	3,88	0,62	0,91
Seguridad	18,2 %	2,13	4,25	0,39	0,77
<b>Valoración Final (Suma total)</b>				2,76	3,83

Del análisis multicriterio se puede decir que el vehículo VAMTAC tiene una mejor valoración final (3,83) que el vehículo ligero Santana Aníbal (2,76), concluyendo así que era una mejor opción llevar a cabo el montaje del FDC sobre el vehículo VAMTAC.



## 4. Análisis Modal de Fallos y Efectos

Una vez comprobado mediante el análisis multicriterio que adaptar el FDC sobre el VAMTAC de carga es la mejor opción, se llevó a cabo un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) con el fin de estudiar, en primer lugar, los posibles fallos que pueden ocurrir en el vehículo, bien debido a fallos en la fabricación o fallos que pueden aparecer con posterioridad y, en segundo lugar, las posibles soluciones para o bien poder hacer frente a dichos fallos en caso de que aparecieran o reducir la probabilidad de aparición de dichos errores.

La matriz AMFE es una metodología que se utiliza para predecir y estimar los fallos que pueden suceder en un producto que se encuentra en fase de diseño. Tiene la finalidad de incorporar, desde un inicio, todos los componentes y funciones del producto que garanticen su fiabilidad, seguridad y cumplimiento de los parámetros de las funciones que los clientes exijan del nuevo producto. Esta matriz ayuda a minimizar el tiempo y el coste en cuanto al desarrollo del producto, proceso o servicio, y además facilita el análisis preventivo de los fallos potenciales más probables que puede tener un producto. Que ocurran fallos genera una serie de sobrecostes en el producto como puede ser la pérdida de rendimiento o la parada imprevista de cualquiera de las funciones del producto diseñado o analizado, lo que impide su correcto funcionamiento.

A modo resumen, se puede decir que el método AMFE tiene como objetivos los tres siguientes: [16]

- Reducir el tiempo en los plazos e incrementar la eficacia de los proyectos en el desarrollo de nuevos productos y mejorar los productos con los que cuenta en la actualidad. Se puede predecir cuáles serán los fallos que se pueden producir durante la fabricación y se pueden aplicar medidas correctoras.
- Analizar y evaluar la eficiencia de las acciones que se llevan a cabo, estableciendo un proceso de mejora continua según la mejora de la calidad de los productos.
- Familiarizar y educar al personal en el trabajo en equipo durante el diseño, persigue que sean ellos mismos los que prevean los posibles fallos, identifiquen las causas y propongan acciones preventivas.

Existen diferentes tipos de matrices AMFE que pueden ser utilizadas para conseguir los objetivos previamente explicados. Las más habituales son las siguientes:

1. **Concepto:** análisis de sistemas en las fases iniciales y antes del diseño.
2. **Diseño:** análisis de productos antes del prototipo y antes de su producción.
3. **Proceso:** análisis de los procesos de fabricación y montaje.
4. **Máquinas y equipos:** análisis de productos, maquinaria y equipos para mejorar su eficacia y calidad.
5. **Sistema:** análisis del sistema y sus funciones específicas.
6. **Software:** análisis de las funciones del software.



**7. Servicio:** análisis de los procesos del sector servicio antes de que sean puestos en marcha y el impacto de los fallos probables sobre el cliente o consumidor.

Por último, es importante definir también los índices que se usarán para realizar la metodología. Éstos índices son: la gravedad (G), que determina las consecuencias del fallo y sus efectos, la probabilidad de aparición (O), que determina las posibilidades que existen de que ocurra el fallo, y por último, la probabilidad de detección (D), que determina las posibilidades que existen de poder detectar el fallo antes de que el producto llegue al cliente. Con estos índices se calculará el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), de modo que a mayor NPR, mayor importancia se le da al fallo encontrado.

Una vez vistos los tipos de AMFE que existen, el que se va a realizar a continuación se puede considerar o bien un AMFE de máquinas y equipos, pues se va a llevar a cabo un análisis sobre el VAMTAC, que ya ha sido fabricado, para determinar sus fallos y cómo se pueden mejorar, o bien se puede considerar también que se va a realizar un AMFE de diseño, ya que evalúa la posibilidad de que se produzcan fallos en los productos o que se reduzca su vida útil debido a problemas en la fase de diseño. Así, se analiza todo aquello que tiene que ver con las propiedades de los materiales, la interfaz entre los componentes, la geometría, tolerancia o interacción de los sistemas, por señalar algunos ejemplos.

Para realizar el AMFE se dividió el proceso en una serie de pasos. En primer lugar, se llevó a cabo el estudio de los posibles fallos que podía tener el vehículo. A continuación, una vez detectados todos los posibles fallos, se estableció una clasificación de gravedad, una clasificación de ocurrencia y una clasificación de detección para cada uno de los fallos detectados. La clasificación que se siguió está recogida en el Anexo I, donde se encuentra la clasificación completa de la gravedad del efecto, la probabilidad de ocurrencia y la probabilidad de detección. En la Tabla 5 se muestra un resumen de los diferentes índices y sus valores anteriormente explicados. Una vez terminado el proceso de clasificación, se calculó el NPR y se decidieron las distintas soluciones a tomar. Por último, se volvió a determinar un nuevo valor de gravedad, ocurrencia y detección para cada uno de los fallos encontrados y se calculó un nuevo NPR, una vez establecidas las soluciones.

Es importante recalcar que toda esta metodología se ha aplicado en base tanto a la observación personal como al asesoramiento por parte del personal de la unidad habituado al uso de este vehículo.



Tabla 5. Tabla resumen de la clasificación seguida para el cálculo del NPR. Fuente: [17]

Gravedad (G)	Valor	Probabilidad de aparición (O)	Valor	Probabilidad de detección (D)	Valor
Muy baja (repercusiones imperceptibles)	1	Muy baja (no se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible)	1	Muy alta (es un defecto obvio, muy fácil de detectar)	1
Baja (repercusiones irrelevantes apenas perceptibles)	2-3	Baja (fallo aislado y poco probable de que suceda)	2-3	Alta (el defecto es obvio y fácilmente detectable, aunque podría escapar un primer control)	2-3
Moderada (defectos de relativa importancia)	4-6	Moderada (defecto aparecido ocasionalmente)	4-6	Moderada (el proceso es detectable aunque puede escaparse de varios controles)	4-6
Alta (el fallo puede ser crítico e inutilizar el sistema)	7-8	Alta (el fallo se ha presentado con cierta frecuencia)	7-8	Baja (el fallo es difícil de detectar)	7-8
Muy Alta (el fallo es muy crítico)	9-10	Muy alta (fallo casi inevitable)	9-10	Muy baja (el fallo es indetectable y con total seguridad llegará al cliente)	9-10



## 4.1. Fallos detectados inicialmente

A continuación se explican los fallos detectados inicialmente en el VAMTAC. Los principales fallos que se encontraron son aquellos relacionados con los neumáticos del vehículo y con la parte de las comunicaciones.

- Pérdida de presión en el neumático. A pesar de que tienen un sistema de inflado automático, este falla muchas veces. Cuando esto ocurre, los neumáticos del VAMTAC comienzan a perder aire. Otro motivo por el cual el neumático puede comenzar a perder aire es porque se produzca algún tipo de conflicto en zona de operaciones y como consecuencia de ello algún proyectil o similar impacte en el neumático, produciéndose una brecha por donde comience a salir el aire.
- Fallo en el sistema eléctrico del vehículo. Debido al desgaste, las baterías del vehículo pueden dejar de estar operativas en cualquier momento y como consecuencia de ello, el arrancador del vehículo, las luces delanteras, las radios del vehículo así como los ordenadores dejarían de realizar su función al no llegarles ningún tipo de corriente.
- Interrupción de las comunicaciones. El vehículo lleva una única antena por cada radio implementada, por tanto si, durante el trayecto, la antena sufre algún golpe con la vegetación o cualquier otro obstáculo del terreno y deja de funcionar, la radio queda inoperativa.
- Asientos incómodos en el vehículo. Los asientos, sobre todo los de la parte trasera, son muy incómodos debido a su material de mala calidad, esto hace que cuando el personal debe estar trabajando muchas horas en el vehículo, la calidad del trabajo empeora debido a las condiciones de los asientos.
- Depósito de combustible pequeño. Debido a que es un vehículo de mucha potencia, consume unos 15-17 L cada 100 km, lo que supone un consumo elevado. Sin embargo, su depósito de únicamente 110 L se hace pequeño para dicho consumo, dotando al vehículo de una autonomía baja.
- Dificultad en el uso de las radios. Las radios del vehículo están situadas en la parte delantera del mismo, lo cual hace que resulte complicado llevar a cabo el mando y control de las operaciones cuando el operador de radio se encuentra en la parte trasera del mismo, que es donde se debe alojar el FDC.
- Imposibilidad de cambiar el neumático. Cuando se debe cambiar el neumático del vehículo, el gato que viene de serie en el vehículo es muy pequeño y es incapaz de llegar al chasis para levantar la rueda (véase Figura 10). Para intentar llegar al chasis, los usuarios se enfrentan a verdaderos problemas de inventiva, donde la solución más recurrente suele ser la de colocar unos tacos de madera o material similar debajo de la plataforma del gato, de manera que se le dota de una mayor altura a la base del mismo y se consigue así alcanzar la carrocería del vehículo. Sin embargo, esta solución no es la adecuada ni mucho menos segura, pues el taco de madera muchas veces termina partiendo debido al peso del vehículo. Además, la plataforma del gato no es capaz de soportar el peso del vehículo, y en muchas ocasiones se termina doblando, como se observa en la Figura 11, donde después de intentar levantar el vehículo, el gato terminó dobrándose.



Figura 10. Gato completamente abierto y no llega al chasis del vehículo. Fuente: [Elaboración propia]



Figura 11. Plataforma del gato deformada después de su uso. Fuente: [Elaboración propia]

Una vez detectados los fallos, con ayuda del personal experto se llevó a cabo la clasificación de la gravedad, la probabilidad de aparición y la probabilidad de detección de cada uno de los fallos encontrados, para posteriormente realizar el cálculo del NPR inicial, quedando reflejados los resultados en la Tabla 6.



*Tabla 6. AMFE de diseño inicial. Fuente: [Elaboración propia]*

Modo de fallo	Causas	Efecto	G	O	D	NPR
Pérdida de presión en el neumático	Pinchazo en la rueda	Falta de movilidad	8	4	2	64
	Brecha por proyectil	Falta de movilidad	8	3	2	48
Imposibilidad de cambiar el neumático	El gato es muy pequeño	No permite cambiar la rueda	6	2	7	84
Fallo en el sistema eléctrico del vehículo	Las baterías han quedado inoperativas	Vehículo inoperativo	9	4	2	72
Interrupción de las comunicaciones	Antena deja de funcionar	No se puede establecer enlace	9	3	2	56
Asientos incómodos	Material que compone el asiento	Incomodidad para el personal	5	6	2	60
Uso complicado de las radios	Las radios están mal colocadas	Mando y control menos eficaz	2	8	2	32



## 4.2. Soluciones a los fallos encontrados

Una vez detectados los fallos iniciales y con el fin de poder neutralizarlos o reducirlos, se exponen a continuación las soluciones que se encontraron para hacer frente a dichos defectos.

- Pérdida de presión en el neumático. Para la pérdida de presión se han encontrado dos posibles soluciones. En primer lugar, llevar en el vehículo un kit de reparación, para arreglar posibles brechas u orificios en las ruedas. En segundo lugar, llevar una rueda de repuesto en el propio VAMTAC, si tiene afuste móvil en la parte trasera, o en otro vehículo que forme parte del ejercicio o la maniobra, de manera que pueda ser usada si así fuera necesario. Además, en caso de que no existiera dicho afuste móvil, pues no todos los VAMTAC lo tienen, se podría colocar el afuste en cuestión en el vehículo, pues se trata de una instalación sencilla que se puede realizar en el segundo escalón de mantenimiento de la unidad. Simplemente se tendría que colocar el afuste en el parachoques trasero del vehículo y anclarlo con cuatro tornillos, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Afuste en el VAMTAC para acoplar la rueda de repuesto. Fuente: [Elaboración propia]

- Imposibilidad de cambiar el neumático. En este caso se debe cambiar el gato que viene de serie en el vehículo por otro de mayor tamaño y mayor dureza o grosor, para que no pueda doblarse al ser usado y para que llegue al chasis del vehículo sin tener que utilizar ningún tipo de material adicional, como el empleo habitual de tacos de madera previamente explicado.
- Fallo en el sistema eléctrico del vehículo. Para contrarrestar el fallo ocasionado por las baterías se han estudiado dos posibles soluciones, la primera solución consistirá en llevar en el vehículo una batería adicional de manera que pueda usarse en caso de que fuera necesario. Dicha batería deberá ser de las mismas características que las que lleva el vehículo, es decir, una batería de 12 V.

La segunda solución no es tan efectiva ni económica como la primera, pero sí que solucionaría parte de los problemas ocasionados. En este caso se puede llevar en el vehículo un pequeño grupo electrógeno, de manera que si fallaran las baterías, las radios y los ordenadores podrían seguir funcionando al estar conectados a dicho grupo electrógeno.



- Interrupción de las comunicaciones. Debido a que el vehículo se moverá por todo tipo de terrenos y circunstancias, incluyendo zonas con gran vegetación, no es difícil que en un momento dado la antena vehicular del vehículo sufriera un golpe y quedase estropeada, suponiendo la interrupción del enlace y por tanto dejaría de haber comunicación con el resto de la unidad. En este caso la solución encontrada es la de llevar una antena vehicular adicional, el modelo de antena es el AT-4331 E (véase Figura 13).



Figura 13. Antena vehicular AT-4331 E. Fuente: [15]

- Asientos incómodos. Para mejorar la calidad de los asientos, la propuesta consiste en cambiar el material de los asientos por otro material más acolchado, de manera que las condiciones para realizar el trabajo en el puesto de mando sean las mejores posibles.
- Depósito de combustible pequeño. Para solucionar el problema de la autonomía, la mejora estudiada no supondrá ningún coste adicional. Dicha mejora consiste en llevar depósitos de combustible adicionales, para transportar dichos depósitos se podrán utilizar las placas que fueron diseñadas para transportar petacas de agua del vehículo (véase Figura 14).
- Mala posición de las radios. La solución en este caso consistirá en pasar las radios a la parte trasera del vehículo. En el capítulo siguiente se verá en profundidad cómo se pasan las radios de la parte delantera a la parte trasera cambiando la configuración vehicular.



Figura 14. Placa para transporte de petacas del VAMTAC. Fuente: [Elaboración propia]



*Tabla 7. AMFE de diseño final. Fuente: [Elaboración propia]*

Modo de fallo	Mejoras	Responsable de implementación	G	O	D	NPR final
Pérdida de presión en el neumático	Kit para reparar pinchazos	Batería de servicios o adquisición	5	4	2	40
	Rueda de repuesto en otro vehículo	Batería de servicios	4	3	2	24
	Rueda de repuesto	2 EMAN	4	3	2	24
Imposibilidad de cambiar el neumático	Adquirir un gato de mayor tamaño	3 EMAN o adquisición	2	2	7	28
Fallo en el sistema eléctrico del vehículo	Llevar una batería adicional	Batería de servicios	5	4	2	40
	Llevar un grupo electrógeno	Batería de servicios o adquisición	5	3	2	30
Interrupción de las comunicaciones	Antena vehicular adicional	Batería de servicios	4	3	2	24
Asientos traseros incómodos	Cambiar material de los asientos	4 EMAN	2	6	2	24
Mala posición de las radios vehiculares	Pasar las radios a la parte trasera del VAMTAC	2 EMAN	1	4	2	8



Una vez realizados los dos análisis, se puede observar que para todos los fallos que fueron detectados y posteriormente calculados y reflejados en la Tabla 6, se ha conseguido reducir su NPR, de manera que al no tener un NPR alto, no son fallos muy graves y por tanto no impiden la implementación del FDC en el VAMTAC. De todas las soluciones aplicadas, destaca el fallo con mayor NPR, que era el correspondiente al gato que venía de dotación en el vehículo, que con un valor de 84 inicialmente, tras aplicar las soluciones propuestas se consiguió reducir a un valor de 28. Por último, destaca también el valor obtenido de cambiar la posición de las radios, que se ha visto reducido en un 75 % para obtener así un NPR final de valor 8, siendo un fallo prácticamente erradicado.



## 5. Adaptación del FDC al VAMTAC

Una vez comprobada con las dos metodologías anteriores la viabilidad de la implementación del FDC en el VAMTAC de carga, en este capítulo se expondrá qué trabajos habrá que realizar sobre el VAMTAC para poder adaptarlo como Centro Director de Fuegos. Este capítulo se ha dividido en dos partes. Una primera parte más sencilla en donde se exponen los trabajos relacionados con la estructura del vehículo, y una segunda parte, más complicada, en la que se muestran las modificaciones a realizar relacionadas con el sistema eléctrico.

### 5.1. Estructura del vehículo

Como se puede observar en la Figura 15, la estructura exterior del vehículo, que viene ya implementada de fábrica en el propio modelo, es perfecta para el objetivo que se pretende. Dicha estructura está formada por una lona que cubre la parte trasera del vehículo y en el interior de la misma se encuentran unas barras metálicas, que son las encargadas de soportar y dar forma a la lona (véase Figura 16). Esta estructura se mantendrá para alojar el FDC, pues la lona cubre todo el material y los diferentes elementos alojados en la parte trasera. Además es lo suficientemente espacioso para trabajar con comodidad y de manera efectiva.



Figura 15. Vista exterior del VAMTAC de carga. Fuente: [Elaboración propia]



Como se puede observar nuevamente en la Figura 16, el interior del VAMTAC cuenta ya con asientos en los laterales, que son simples colchones colocados sobre estructuras metálicas, y un pequeño hueco, al cual se le quitó la ventana, y que se podrá usar para pasar todos los cables necesarios que conectan los ordenadores así como los cables que conectan las radios desde la parte delantera, que es donde se encuentra la batería, hacia la parte trasera del vehículo. Como se expuso en el AMFE de diseño, se puede observar que el material de los asientos es de baja calidad y además en muchos casos, se encuentra estropeado.



Figura 16. Interior de la parte trasera del VAMTAC. Fuente: [Elaboración propia]

### 5.1.1. Montaje de la estructura que aloja las radios vehiculares

El vehículo VAMTAC presenta el inconveniente de que la estructura para transportar y usar las radios vehiculares se encuentra en la zona delantera del vehículo (véase Figura 17). Como se vio con anterioridad, el VAMTAC permite numerosas aplicaciones y dicha localización de las radios es la adecuada para la gran mayoría de las mismas. Sin embargo, para llevar a cabo la dirección de los fuegos la localización actual supone un problema, pues las radios deben colocarse en la zona trasera del vehículo para poder ser utilizadas por el personal del FDC.



Figura 17. Configuración vehicular delantera del vehículo VAMTAC. Fuente [Elaboración propia]

Para llevar a cabo la nueva configuración posicional de la estructura, se ha utilizado como ejemplo a seguir el montaje utilizado en los vehículos ligeros Santana Aníbal (véase Figura 18). Las radios de estos vehículos ligeros sí que van colocadas en la parte trasera del mismo, y desde ahí el personal puede sentarse en los asientos y utilizarlas más cómodamente.



Figura 18. Configuración vehicular de las radios en el vehículo ligero Santana Aníbal. Fuente: [Elaboración propia]

Para llevar a cabo el montaje del sistema en la parte trasera del VAMTAC se deberá desmontar la estructura, que va atornillada y volver a montarla en la parte trasera. Es una instalación sencilla, simplemente hay que desatornillarla y atornillar de nuevo en la parte trasera del vehículo, quedando un montaje similar al del vehículo ligero. El encargado de realizar dicha modificación será el personal del segundo escalón de mantenimiento de la unidad.



## 5.2. Sistema eléctrico del vehículo

Todos los aparatos electrónicos que no tengan baterías internas incorporadas funcionan enchufados a la electricidad. Sin embargo, no todos usan el mismo tipo de corriente. Para poder explicar el desarrollo del sistema eléctrico, es necesario primero diferenciar entre los dos tipos de corriente que existen, por un lado la corriente alterna, y por otro lado, la corriente continua. La corriente continua consiste en un flujo de corriente eléctrica que exclusivamente puede circular en un único sentido, es decir, desde un emisor hasta un receptor. La corriente alterna, en cambio, permite que el flujo de corriente eléctrica viaje en ambos sentidos, de manera alterna, yendo primero en un sentido y luego volviendo en el sentido contrario. Al ser tipos de corriente distintas, un equipo que funciona con corriente alterna no puede alimentarse con corriente continua y viceversa.

En este caso, las baterías del VAMTAC trabajan en corriente continua, así como las radios, que utilizan la corriente de las baterías. Sin embargo, tanto los ordenadores como otro tipo de periféricos, como por ejemplo un navegador GPS, trabajan con corriente alterna. Por tanto, para poder alimentar estos equipos con las baterías del vehículo es necesario un inversor o convertidor de corriente que transforme la corriente continua en corriente alterna. Este equipo (véase Figura 19) producirá corriente alterna de 220 V. Otra opción propuesta anteriormente es alimentar los equipos con un grupo electrógeno que genere directamente corriente alterna. En el caso de tener que usar el grupo electrógeno por fallo de las baterías, no haría falta usar dicho convertidor.



Figura 19. Aparato convertidor de corriente continua a corriente alterna. Fuente: [20]



Además del convertidor de corriente, se deberá también hacer uso de un interruptor diferencial (ID) (véase Figura 20) para dar seguridad en caso de fuga o descarga eléctrica. [18] [19]. Además, el ID es un equipo obligatorio como medida de seguridad de la instalación eléctrica.

Este dispositivo suspende el suministro eléctrico cuando se producen desvíos de la electricidad, evitando de esta manera cualquier fuga o descarga eléctrica. Las descargas eléctricas se pueden producir por diversos motivos, como pueden ser componentes defectuosos de la instalación eléctrica, electrodomésticos poco eficientes o incluso, por contacto directo o indirecto con los enchufes. Este interruptor es el encargado de evitar las descargas que pueden provocar accidentes eléctricos y fallos en la instalación.



Figura 20. Interruptor diferencial. Fuente: [Elaboración propia]

El funcionamiento del ID es sencillo, mide la intensidad de corriente que entra y sale del circuito eléctrico. Para que el circuito funcione correctamente, la intensidad que entra y la que sale deben ser iguales. En caso de que sean distintas, significa que se está perdiendo la intensidad por algún lado. Al perder intensidad en alguna parte del circuito, se crea lo que se conoce como fuga eléctrica y es entonces cuando el diferencial eléctrico suspende la corriente desviando la fuga a toma de tierra. En caso de que haya saltado el interruptor automático diferencial, para volver a tener luz habrá que volver a levantarla en el cuadro de luces. [21]



### 5.2.1. Modificación del sistema eléctrico

Para poder instalar todo el sistema eléctrico se deberán pasar una serie de cables a través del hueco de la ventana interior del vehículo, que deberá ser previamente retirada, y que conducirán electricidad desde la parte delantera a la parte trasera del vehículo (véase Figura 21 y Figura 22). Es importante conocer la posición de los distintos elementos antes de explicar la secuencia del sistema eléctrico. Las radios estarán posicionadas en la parte trasera, al igual que los ordenadores. El convertidor de corriente irá colocado en la parte trasera del vehículo, y su posición podrá variar, lo importante es que esté cerca de los portátiles o de la regleta, para así poder enchufar el cable del portátil o de la regleta directamente al convertidor. El interruptor diferencial se encontrará en la parte delantera.



Figura 21. Ventana que deberá quitarse para pasar el cableado. Fuente: [Elaboración propia]



Figura 22. Hueco obtenido al quitar la ventana. Fuente: [Elaboración propia]



En primer lugar, se llevará a cabo la instalación del interruptor diferencial en la parte delantera del vehículo. Este interruptor será la piedra angular del sistema eléctrico, pues será al que vaya conectado por un lado a las baterías, y por otro lado a las radios y al convertidor de corriente. El funcionamiento será el siguiente:

La corriente pasará desde las baterías al interruptor diferencial y aquí, dicha corriente será transportada a través de dos cables que pasarán desde la parte delantera a la parte trasera del VAMTAC. El primer cable estará directamente conectado desde el ID a las radios mientras que el segundo cable estará conectado desde el ID hacia el convertidor de corriente, que transformará la corriente continua que viene del interruptor diferencial en corriente alterna. Entonces, una vez obtenida la corriente alterna, dicho convertidor actuará como un enchufe convencional, al que se podrá conectar directamente el ordenador o, en caso de que se necesiten más enchufes, se podrá conectar una regleta para conectar todo al mismo tiempo. Una vez realizados los pasos anteriores, ya se encuentra el vehículo operativo para comenzar la maniobra.



## 6. Análisis de costes

Por último, siguiendo las posibles soluciones que se encontraron cuando se realizó el AMFE, se muestra a continuación los diferentes precios de los distintos componentes que habría que adquirir para llevar a cabo la adaptación del vehículo. El precio en casi todos los casos no suele superar los 100 euros, a excepción del grupo electrógeno y el interruptor diferencial.

- Kit de reparación de pinchazos. Al usar el VAMTAC neumáticos convencionales, el kit de reparación de pinchazos es el mismo que se usaría para cualquier tipo de vehículo, por tanto cualquier kit que se venda en las tiendas es apto para su uso. Se ha consultado a la empresa Norauto y por el precio de **40 euros** se puede adquirir un kit profesional para reparar neumáticos. Es un sistema para reparar y volver a inflar inmediatamente neumáticos dañados en todo tipo de vehículos. [22]
- Batería adicional de 12 V. Al igual que ocurre en el caso anterior, las baterías de este tipo de vehículos son las mismas que las de un vehículo convencional. Es por ello que la batería a adquirir sería cualquiera que fuera de corriente continua de 12 V. En este caso, se ha consultado la página web de la empresa Varta, que es donde se adquieren las baterías en la unidad, y el precio rondaría los **100 euros**, dependiendo del amperaje de la batería. [23]
- Grupo electrógeno. Para la adquisición del grupo electrógeno se ha elegido la empresa MOSA, que actualmente vende los grupos electrógenos al Ejército de Tierra. Al necesitarse un grupo de pequeño tamaño para poder llevarlo en el vehículo sin que ocupe demasiado, se ha optado por la versión GE-2000 MI. Un grupo electrógeno de solo 22 kg de peso, alimentado con gasolina y con un tiempo de funcionamiento de aproximadamente 5 h. El precio ronda los **1200 euros**. Se puede ver en el ANEXO III la ficha técnica completa del grupo. [24]
- Convertidor de corriente. El precio del convertidor de corriente variará un poco en función de su potencia. Así, los inversores de corriente más habituales son de 500 W o 1000 W. Como es obvio, a mayor potencia, mayor precio del convertidor. Para el modelo pequeño, de 500 W, el precio rondaría los **50 euros**, mientras que para el de 1000 W rondaría los **90 euros**. [25]
- Interruptor Diferencial. Para la adquisición del interruptor diferencial se consultó a los expertos de la unidad y recomendaron usar uno de la empresa Schneider Electric España. Al utilizarse corriente alterna de 220 V, el ID necesario será de tipo monofásico, que es aquel que tiene una sola fase y la corriente alterna va desde los 220 V hasta los 230 V. El precio del ID monofásico en la citada empresa rondaría los **500 euros**. [26]

Una vez expuestos los precios de los distintos elementos, el precio total solo de aquellos elementos estrictamente necesarios, es decir, el kit de pinchazos, la batería adicional, el



convertidor de corriente y el interruptor diferencial, ronda los 700 euros. Si además se adquiriese el grupo electrógeno, el precio final rondaría los 2000 euros.



## 7. Conclusiones

En este Trabajo Fin de Grado se pretendía evaluar la posibilidad de llevar a cabo la adaptación de un vehículo VAMTAC de carga para poder emplearlo como FDC. Con este objetivo se han realizado varios análisis con el fin de determinar la viabilidad de esta implementación. En primer lugar, se expuso sobre qué vehículos va actualmente alojado el FDC y posteriormente se estudió qué materiales y componentes eran necesarios para el Centro Director de Fuegos. Una vez concluidos estos primeros pasos, se realizó una comparación mediante un análisis multicriterio del VAMTAC con vehículo ligero Santana Aníbal, que en la actualidad aloja el FDC. Para ese análisis se recabó información sobre las características de estos vehículos al personal de la unidad. Una vez concluido el análisis multicriterio, se llevó a cabo un AMFE sobre el VAMTAC. Dicho AMFE se dividió en dos. El primer AMFE fue el inicial, donde se llevó a cabo el estudio de los fallos encontrados en el vehículo y se calculó un NPR inicial. El segundo AMFE fue el final, donde se establecieron una serie de soluciones a aplicar sobre los defectos encontrados y se calcularía un nuevo NPR final. Para terminar, se llevaron a cabo los trabajos de adaptación del vehículo en sí. Para llevar a cabo dicho objetivo, se decidió dividir el plan de adaptación de dos partes claramente diferenciadas. La primera parte tuvo que ver con la configuración de la estructura del vehículo, en ella se estudió el cambio de los asientos de la parte trasera por otros de mayor calidad y sobre todo, se llevó a cabo el estudio de la viabilidad de poner la estructura de las radios en la parte trasera del vehículo, ya que se encontraba en la parte delantera del mismo. La segunda parte fue la más complicada, en ella, al tener que pasar la configuración de las radios desde la parte delantera del vehículo hacia la parte trasera, se tuvo que estudiar cómo llevar a cabo una nueva instalación del circuito eléctrico del vehículo, ya que en un principio la electricidad solo tenía que ir desde las baterías situadas en el capó hasta las radios situadas al lado del asiento del conductor.

Con respecto a la primera metodología usada, las conclusiones obtenidas reflejaron que el VAMTAC era mejor opción en comparación con el vehículo ligero Santana Aníbal. Los resultados de las encuestas realizadas reflejaron que el VAMTAC era superior en movilidad y en seguridad, que fueron además las dos características a las que los encuestados le habían dado más importancia. Además, el VAMTAC fue superior también en otras dos de las tres características restantes, éstas eran la seguridad y la comodidad. La única característica para la cual los encuestados consideraron que el vehículo ligero era superior al VAMTAC fue con la autonomía.

En segundo lugar, a través del AMFE de diseño sobre el producto se ha determinado que para todos los fallos encontrados existe algún tipo de solución para reducir su NPR. Cabe destacar que el aspecto más importante a mejorar era su escasa autonomía, en concordancia con los resultados de la encuesta, y se ha realizado una propuesta para mejorar este aspecto.

Con respecto a la última parte del trabajo, que consistía en llevar a cabo la adaptación del vehículo en sí, se consiguió realizar una nueva instalación eléctrica que permitiera usar los equipos del FDC de manera segura y, por supuesto, eficaz.

Por último, en relación al análisis de costes, se obtuvieron un total de cinco elementos de los cuales cuatro de ellos eran imprescindibles para llevar a cabo la adaptación del vehículo. Estos eran el kit de pinchazos, la batería adicional, el convertidor de corriente y el interruptor diferencial, siendo opcional la adquisición del grupo electrógeno.

Como posibles líneas futuras de trabajo, en caso de que se quisiera ampliar la propuesta a más unidades, habría que hacer un estudio económico más detallado de manera que se pudiera abaratar el coste de los equipos necesarios para la adaptación. Ya que en este Trabajo Fin de



Grado solo se ha hecho el estudio para el VAMTAC de la unidad en cuestión, pero si se tuviera que llevar la adaptación a un gran número de vehículos, se tendría que buscar proveedores que ofrecieran precios más competitivos.



## 8. Bibliografía

- [1] PD4-304. Empleo de la Artillería de Campaña, Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2018.
- [2] PD4-318. Procedimientos operativos de FDC (TOMO I), Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- [3] PD3-315. Publicación Doctrinal. Apoyos de Fuego, Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2015.
- [4] Organización de la ACA para el combate. Organización de un GACA. Apuntes de instrucción y adiestramiento, 2022.
- [5] Hurtado, Á. (2014, Junio). Los vehículos más carismáticos del ejército español. Freno Motor. Recuperado de: <https://frenomotor.com/curiosidades/vehiculos-mas-carismaticos-ejercito-espanol> [Consultado 18-10-2022]
- [6] Autofácil. Nissan Patrol ML-6: Prueba clásico. (2015, Febrero). Autofacil.es. Recuperado de: <https://www.autofacil.es/nissan/nissan-patrol-ml-6-prueba-clasico/90213.html> [Consultado 18-10-2022]
- [7] Ejército de Tierra. Vehículo ligero Aníbal - Ejército de Tierra. Recuperado de: <https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/vehiculos/Anibal.html> [Consultado 10-10-2022]
- [8] Cano, V. (2020, abril). La triste historia del Santana Aníbal, el coche de la UME. Autobild. Recuperado de: <https://www.autobild.es/reportajes/triste-historia-santana-anibal-coche-ume-618723> [Consultado 10-10-2022]
- [9] Ejército de Tierra. Camión Iveco M250 - Ejército de Tierra. Recuperado de: [https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/vehiculos/camion\\_iveco.html](https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/vehiculos/camion_iveco.html) [Consultado 10-10-2022]
- [10] Ejército de Tierra. TOA M-577 - Ejército de Tierra. Recuperado de: <https://ejercito.defensa.gob.es/ca/unidades/Burgos/raca11/Organizacion/materiales/index.html> [Consultado 10-10-2022]
- [11] Urovesa, Aplicaciones. Urovesa.com. Recuperado de: <http://www.urovesa.com/aplicaciones> [Consultado 23-09-2022]
- [12] Urovesa dice que su vehículo supera al «Aníbal». Elmundo.es. Recuperado de: <https://www.elmundo.es/elmundomotor/2004/05/19/empresas/1084969119.html> [Consultado 18-10-2022]
- [13] MT-020. Manual de usuario. URO ST5 Puesto de Mando 2013, 2018. Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- [14] Wikipedia contributors. URO VAMTAC. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=URO\\_VAMTAC&oldid=142382904](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=URO_VAMTAC&oldid=142382904) [Consultado 23-09-2022]
- [15] MT6-605. Manual técnico. Radioteléfono PR-4G descripción y mantenimiento orgánico, Estado Mayor del Ejército, 1997.
- [16] Software ISO. ¿Qué es la Matriz AMFE o análisis modal de fallos y efectos? (2019, Julio). Recuperado de: <https://www.isotools.org/2019/07/12/matriz-amfe-o-analisis-modal-de->



[fallos-y-efectos/](#) [Consultado 20-10-2022]

[17] Ingeniería de la Calidad (2020). Calidad en la Etapa de Diseño. Editorial: Textos Docentes.

[18] Qué es y cómo funciona un inversor de corriente. (2020, Diciembre). Blog de energía solar. Recuperado de: <https://solarplak.es/energia/que-es-y-como-funciona-un-inversor-de-corriente/> [Consultado 26-09-2022]

[19] Alonso, R. (2021, julio). ¿Por qué los PC necesitan corriente continua y no alterna para funcionar? HardZone. Recuperado de: <https://hardzone.es/tutoriales/mantenimiento/corriente-continua-alterna-pc/> [Consultado 26-09-2022]

[20] Inversor de corriente para coche de 12V a 220V. PowerBank20. Recuperado de: <https://powerbank20.com/inversor-de-corriente-coche/> [Consultado 26-09-2022]

[21] Soporte Transelec. Interruptores diferenciales: características y funcionamiento. Recuperado de <https://www.transelec.com.ar/soporte/18711/interruptores-diferenciales-caracteristicas-y-funcionamiento/> [Consultado 18-10-2022]

[22] Norauto.es. Kit de reparación de pinchazos AIRMAN RESQ PRO. Recuperado de <https://www.norauto.es/p/kit-de-reparacion-de-pinchazos-airman-resq-pro-450-ml-2012200.html> [Consultado 19-10-2022]

[23] Baterías de automoción VARTA®: adquiera una batería del líder mundial del mercado de baterías. Varta-automotive.es. Recuperado de: <https://www.varta-automotive.es/es-es> [Consultado 17-10-2022]

[24] MOSA suministra grupos electrógenos al ejército de tierra - MOSA Energía. Mosaenergia.com, 2022. Disponible en: <https://www.mosaenergia.com/blog/post/mosa-suministra-grupos-electrigenos-al-ejercito-de-tierra> [Consultado 24-09-2022]

[25] Los mejores inversores 12v a 220V para camper y caravana - De12v.es. (2020, Septiembre). Recuperado de: <https://de12v.es/inversor-12v-a-220v/> [Consultado 17-10-2022]

[26] Schneider Electric España. Diferencial monofásico. Recuperado de <https://www.se.com/es/es/product-range/7559-interruptor-diferencial-acti-9-iid/12144438694-interruptor-diferencial/?No=24&Nrpp=12&N=2832585707> [Consultado 19-10-2022]



## Anexo I. Criterios de calidad AMFE

GRAVEDAD DEL EFECTO (G)	CRITERIO	VALOR
MUY BAJA (Repercusiones imperceptibles)	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
BAJA (Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles)	El tipo de fallo origina un ligero inconveniente al usuario o cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
MODERADA (Defectos de relativa importancia)	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción al cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
ALTA	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
MUY ALTA	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta al funcionamiento de seguridad del producto o proceso, y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves, corresponde a un 10.	9-10

PROBABILIDAD DE APARICIÓN (O)	CRITERIO	VALOR
MUY BAJA	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
BAJA	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
MODERADA	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente o sistema.	4-6
ALTA	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o procesos previos que han fallado.	7-8
MUY ALTA	Fallo casi inevitable.	9-10



PROBABILIDAD DE DETECCIÓN (D)	CRITERIO	VALOR
MUY ALTA	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
ALTA	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
MODERADA	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente y se detecte en los últimos estadios de la producción	4-6
BAJA	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
MUY BAJA	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10



## Anexo II. Entrevistas a expertos

### Entrevista 1.

Pregunta: **¿Cuánto lleva usted destinado en la unidad?**

Respuesta: Este va a ser mi tercer año destinado aquí.

Pregunta: **¿En sus anteriores destinos, ha podido ver el FDC montado en distintos vehículos?**

Respuesta: Sí, en mi caso los he visto en vehículos ligeros y en camiones.

Pregunta: **¿Le parece que son ideales para usarse como puestos de mando?**

Respuesta: No, puesto que presentan muchos inconvenientes, en el caso del vehículo ligero, destaca sobre todo el espacio que es muy reducido y en el del camión, sus grandes dimensiones, que dificultan su movilidad.

Pregunta: **Por ahora parece que el VAMTAC es superior en todo, comparándolo con el vehículo ligero, que es el que tienen ustedes en la unidad, ¿No encuentra alguna ventaja del ligero frente al VAMTAC?**

Respuesta: Si claro, obviamente presenta el ligero alguna ventaja, destacaría su menor consumo y por tanto mayor autonomía y también su precio, que es menor.

Pregunta: **Viendo entonces que el vehículo ligero también tiene alguna ventaja, ¿Cree que llevar a cabo el montaje del FDC sobre un VAMTAC de carga sería una mejor opción?**

Respuesta: Sí, sin duda, puesto que con el VAMTAC precisamente se solucionan entre otros muchos, dos de los principales inconvenientes y que ya le nombré con anterioridad. Por un lado, permiten un mayor espacio, y por otro lado, presentan mucha mayor movilidad en comparación con el vehículo ligero, y creo que estos inconvenientes son más importantes que la autonomía.

Pregunta: **Entonces, si se decide implementar el FDC en el VAMTAC, ¿qué trabajos cree que serían necesarios realizarle al vehículo para poder alojarle el FDC?**

Respuesta: Desde mi punto de vista las modificaciones a realizar serían dos concretamente. En primer lugar, se tendría que adaptar la estructura para poder colocar en la parte trasera el material necesario, como una mesa por ejemplo, donde colocar las radios y los ordenadores. En segundo lugar, modificar el sistema eléctrico del vehículo, ya que habría que hacer pasar la electricidad desde la parte delantera del vehículo, donde se encuentran las baterías, a la parte trasera del mismo, donde estarían ahora colocadas las radios y los ordenadores.

Pregunta: **Siendo que ya lleva mucho tiempo destinado en la unidad y conoce bien los vehículos, ¿cuáles cree que son las características más importantes que debe tener el vehículo para poder emplearse como FDC?**

Respuesta: En mi opinión serían cinco: la movilidad, la seguridad, el espacio, la autonomía y la comodidad.



## Entrevista 2.

Pregunta: **¿Cuánto lleva usted destinado en la unidad?**

Respuesta: Este va a ser mi segundo año.

Pregunta: **¿En sus anteriores destinos, ha podido ver el FDC montado en distintos vehículos?**

Respuesta: Sí, en ligeros y TOA de mando.

Pregunta: **¿Le parece que son ideales para usarse como puestos de mando?**

Respuesta: No, los dos tenían un espacio muy reducido y además en el caso del TOA gastaba muchísimo y encima su autonomía era muy poca, teníamos que estar repostando en mitad de maniobras cada dos por tres.

Pregunta: **Por ahora parece que el VAMTAC es superior en todo, comparándolo con el vehículo ligero, que es el que tienen ustedes en la unidad, ¿No encuentra alguna ventaja del ligero frente al VAMTAC?**

Respuesta: Hombre está claro que el ligero tiene menor consumo y eso da más autonomía.

Pregunta: **Viendo entonces que el vehículo ligero también tiene alguna ventaja, ¿Cree que llevar a cabo el montaje del FDC sobre un VAMTAC de carga sería una mejor opción?**

Respuesta: Sí, porque el VAMTAC me parece un vehículo infinitamente más completo, es más espacioso, más seguro, tiene mucha más movilidad... es perfecto.

Pregunta: **Entonces, si se decide implementar el FDC en el VAMTAC, ¿qué trabajos cree que serían necesarios realizarle al vehículo para poder alojarle el FDC?**

Respuesta: Pues yo creo mi Alférez que habría que cambiar la posición de las radios porque desde donde están situadas ahora es muy complicado trabajar siendo el FDC y claro para cambiar las radios habría que meterle mano al circuito eléctrico del vehículo. Además lo asientos aunque no es algo primordial, sí que sería buena idea poder cambiarlos a algunos de mejor calidad.

Pregunta: **Siendo que ya lleva mucho tiempo destinado en la unidad y conoce bien los vehículos, ¿cuáles cree que son las características más importantes que debe tener el vehículo para poder emplearse como FDC?**

Respuesta: En mi opinión serían movilidad, seguridad, espacio y autonomía.



### Entrevista 3.

Pregunta: **¿Cuánto lleva usted destinado en la unidad?**

Respuesta: Es mi tercer año ya en la unidad.

Pregunta: **¿En sus anteriores destinos, ha podido ver el FDC montado en distintos vehículos?**

Respuesta: No, el FDC siempre lo he visto montado en el ligero. Aunque si sé que además existe el TOA de mando y el camión.

Pregunta: **¿Le parece que son ideales para usarse como puestos de mando?**

Respuesta: Entre el vehículo ligero y el camión o el TOA de mando, a pesar de que no he estado de maniobras con estos dos últimos, yo sí que prefiero el ligero antes que los otros dos tipos de vehículos.

Pregunta: **Por ahora parece que el VAMTAC es superior en todo, comparándolo con el vehículo ligero, que es el que tienen ustedes en la unidad, ¿No encuentra alguna ventaja del ligero frente al VAMTAC?**

Respuesta: Comparándolo con el VAMTAC creo que no hay ninguna ventaja que tenga el vehículo ligero. Puede ser que su autonomía sí sea algo mejor que la del VAMTAC, pero del resto, me parece un vehículo inferior. También es cierto que las radios las tiene colocadas en la parte trasera, eso a la hora de llevar a cabo el mando y control ayuda, en el VAMTAC el hecho de que estén colocadas delante hace todo un poco más complicado.

Pregunta: **Viendo entonces que el vehículo ligero también tiene alguna ventaja, ¿Cree que llevar a cabo el montaje del FDC sobre un VAMTAC de carga sería una mejor opción?**

Respuesta: Sí, porque aunque el ligero pueda tener algo más de autonomía o incluso una mejor posición de las radios, la movilidad y el espacio que tiene el VAMTAC no lo puede dar el ligero, y creo que eso es lo más importante.

Pregunta: **Entonces, si se decide implementar el FDC en el VAMTAC, ¿qué trabajos cree que serían necesarios realizarle al vehículo para poder alojarle el FDC?**

Respuesta: Pues está claro que en concordancia con lo que le comenté con anterioridad, yo creo que habría que ver alguna manera de que el VAMTAC pudiera tener más autonomía y sobre todo poder poner las radios en el maletero, porque si dejan las radios en el lugar donde se encuentran actualmente nos va a complicar mucho la dirección del fuego.

Pregunta: **Siendo que ya lleva mucho tiempo destinado en la unidad y conoce bien los vehículos, ¿cuáles cree que son las características más importantes que debe tener el vehículo para poder emplearse como FDC?**

Respuesta: Pues sin duda la movilidad, el espacio y la buena localización de las radios.



## Anexo III. Ficha técnica GE-2000 MI



### GE 2000 MI - GE 4000 MI

**3000 RPM**

		GAMA	GE 2000 MI	GE 4000 MI
 Refrigeración por aire	 Gasolina			
 Encendido manual				
 Monofásico				
  		<ul style="list-style-type: none"><li>Regulador automático de la tensión</li><li>Apagado del motor por bajo nivel de aceite</li><li>Función ESC (Engine Speed Control)</li><li>Tomas: 1x230V 16A 2P+T Schuko</li><li>Protección por sobrecarga</li><li>Carga de la batería con protección</li><li>2 puertos USB</li><li>Acorde a normativas CE</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Regulador automático de la tensión</li><li>Apagado del motor por bajo nivel de aceite</li><li>Función ESC (Engine Speed Control)</li><li>Tomas: 2x230V 16A 2P+T Schuko</li><li>Protección por sobrecarga</li><li>Carga de la batería con protección</li><li>2 puertos USB</li><li>Acorde a normativas CE</li><li>Carro de transporte manual con maneta retráctil</li></ul>	

CÓDIGO	MOTOR	GE 2000 MI	GE 4000 MI
-	 GK 80-i	✓	-
-	 GK 80-i	-	✓
<b>ACCESORIOS</b>			
MJ2000119570	Kit conexión en paralelo	✓	✓