



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño e implementación de un sistema
motorizado para transporte de la munición
a la torreta del VAMTAC

Autor

CAC. D. Jorge Soriano García

Directores

Director académico: Dr. D. Adrián Navas Montilla

Director militar: Cap. D. Fernando Zacarías García Calvo

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2020

Agradecimientos

Me gustaría empezar esta memoria agradeciendo a todo el personal que ha hecho posible la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado.

En primer lugar, agradecer a mi director académico, Dr. D. Adrián Navas Montilla, su implicación y constante interacción durante la realización de este trabajo. Su empeño y dedicación han sido factores clave para abordar con éxito este proyecto.

Me gustaría hacer extensivo este agradecimiento al Ingeniero Naval José María Soriano Gómez. Gracias a la entrevista realizada se extrajeron aspectos fundamentales para la elaboración del diseño y la gestión de la implementación. Además, ha prestado soporte técnico constante en las diferentes fases de la elaboración del proyecto.

También me gustaría agradecer al personal del Regimiento de Infantería "Garellano" 45 su implicación mostrada en la resolución de cualquier duda que se me presentó durante el desarrollo del proyecto. Cabe mencionar al Subteniente Cortes, jefe del escalón de mantenimiento del RI 45, por su implicación y dedicación desinteresada en el diseño de un sistema que fuera tanto operativo como viable para el VAMTAC. También, me gustaría agradecer su afán y apoyo mostrado al Cabo primero Jonatan Higuera Orjuela, por sus impresionantes ideas para lograr el propósito de este sistema de alimentación. Por último, me gustaría agradecer tanto al Capitán Sergio García Aznar como al Teniente Cebollero por su preocupación constante en la disposición de la información y los medios necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Para concluir, me gustaría darle las gracias a mi familia y a Isabel Esteban Lima por el apoyo constante durante estos 5 años de carrera y sobre todo durante mi periodo de recuperación tras la intervención.

Abstract

Currently, the Army has the High Mobility Vehicle (VAMTAC) on its organic fleet. This vehicle has a manual feeding system where the turret operator is responsible for collecting the ammunition from inside the vehicle to feed the machine gun. This system makes the vehicle inoperative while it is being fed.

The Project aims to design and implement a feeding system that circumvents the vulnerabilities of the vehicle during feeding. To begin with, a study of the state of the art has been carried out on the existing technology in vehicles of the Spanish Army, other army corps and other armies. In this study, the existence of feeding systems with a motorised conveyor to transport the ammunition to the turret has been observed.

Information has been gathered from the technical manuals of the vehicles (VAMTAC, BMR and RG-31) and in the interviews, with the aim of implementing a similar system. Both, the study and the interviews conducted, have shown that it is not feasible to implement such systems in the VAMTAC. This has motivated the need for an own design of the system. The technical and operational requirements of the power supply system have been established and a mechanical design of the system is proposed. A feasibility study has been carried out by means of different tests for the validation of the proposed system.

In this work, an acquisition and implementation planning is also proposed. Once the design of the motorised system had been carried out, the need arose to carry out an acquisition management motivated by the lack of knowledge and means for the internal manufacture of the power supply system. In the acquisition management, a study of the work to be subcontracted has been carried out, with the corresponding SWOT analysis of the potential suppliers. Once the contracting decision was taken (Santa Bárbara Sistemas), controls were proposed for the acquisitions, in order to check both the subcontracted work and the delivery times.

Then, a plan to implement the feeding systems in the VAMTAC of the Infantry units was developed. First, a demand analysis has been carried out, thus allowing the subsequent creation of a roadmap. This roadmap shows the movements of the vehicles in the different phases of implementation, from their units of origin to the corresponding factory and vice versa.

Implementation management has been complemented with cost management, which includes the breakdown of the different project costs and risk management, where possible risks are identified, classified and managed in order to reduce or eliminate the impact they would have on the project.

The methodology and conclusions of this work are applicable to the implementation of an automatic power supply system in the different VAMTAC vehicles of the Spanish Army. This system could even be installed in other vehicles with similar characteristics (BMR).

Resumen

Actualmente, el Ejército de Tierra dispone en su plantilla orgánica del Vehículo de Alta Movilidad (VAMTAC). Este vehículo tiene un sistema de alimentación manual donde el operador de la torreta es el encargado de recoger la munición del interior del vehículo para alimentar la ametralladora. Este sistema ocasiona la inoperatividad del vehículo durante su alimentación.

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de alimentación que evite la inoperatividad del vehículo durante la alimentación. Para comenzar, se ha realizado un estudio del estado del arte sobre la tecnología existente en vehículos del Ejército de Tierra, otros cuerpos de ejército y otros ejércitos. En este estudio, se ha observado la existencia de sistemas de alimentación que disponen de una cinta elevadora motorizada para transportar la munición a la torreta.

Se ha recopilado información de los manuales técnicos de los vehículos (VAMTAC, BMR Y RG-31) y en las entrevistas, con la finalidad de implementar un sistema similar. Tanto el estudio como las entrevistas realizadas han mostrado que es inviable la posibilidad de implementar dichos sistemas en el VAMTAC. Esto ha motivado la necesidad de un diseño propio del sistema. En este trabajo se establecen los requisitos técnicos y operativos del sistema de alimentación y se propone un diseño mecánico del mismo. Se ha efectuado un estudio de viabilidad mediante diferentes ensayos para la validación del sistema propuesto.

En este trabajo también se ha realizado una planificación de adquisición e implementación. Una vez efectuado el diseño del sistema motorizado, surgió la necesidad de realizar una gestión de adquisición motivada por la ausencia de conocimiento y medios para la fabricación interna del sistema de alimentación. En la gestión de adquisición, se ha efectuado un estudio del trabajo a subcontratar, con el correspondiente análisis DAFO a los potenciales proveedores. Una vez tomada la decisión de contratación (Santa Bárbara Sistemas), se han propuesto los controles para las adquisiciones, con el fin de comprobar tanto el trabajo subcontratado como los tiempos de entrega.

Seguidamente, se ha desarrollado un plan de implementación de los sistemas de alimentación en los VAMTAC de las unidades de Infantería. Primero, se ha llevado a cabo un estudio de la demanda, permitiendo así la posterior realización de una hoja de ruta. Esta hoja de ruta muestra los desplazamientos de los vehículos en las diferentes fases de ejecución, desde sus unidades de origen hasta la fábrica correspondiente y viceversa.

La gestión de implementación ha sido complementada con una gestión de costes que incluye el desglose de los diferentes costes del proyecto y una gestión de riesgos, donde se identifican, clasifican y gestionan los posibles riesgos, con la finalidad de reducir o eliminar el impacto que supondrían para el proyecto.

La metodología y conclusiones de este trabajo son aplicables para la implementación de un sistema de alimentación automático en los diferentes vehículos VAMTAC del Ejército de Tierra. Además, dicho sistema podría ser instalado en otros vehículos de características similares (BMR).

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Vista aérea del Regimiento de Infantería “Garellano” 45 | 1 |
| Figura 2: Etapas de la metodología empleada | 3 |
| Figura 3: Ametralladora 12,70 mm (izquierda) y sistema de control remoto (derecha)..... | 6 |
| Figura 4: Torreta del AAVP-7A1 | 7 |
| Figura 5: cadena de transmisión de tipo 12B..... | 13 |
| Figura 6: Prueba de montaje: dimensionamiento y posición de las piezas..... | 14 |
| Figura 7: AMFE (rotura cadena de transmisión)..... | 15 |
| Figura 8: Despiece del sistema de alimentación | 15 |
| Figura 9: DAFO (BAE Systems Land & armaments | 17 |
| Figura 10: DAFO (UROVESA) | 18 |
| Figura 11: DAFO (Santa Bárbara Sistemas)..... | 18 |
| Figura12: Hoja de ruta..... | 22 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Predimensionamiento | 9 |
| Tabla 2: Pre-selección de los elementos del sistema | 9 |
| Tabla 3: Estudio sobre la viabilidad de las dimensiones y solicitudes mecánicas..... | 13 |
| Tabla 4: Análisis de la demanda objeto de estudio de este proyecto | 20 |
| Tabla 5: Análisis cuantitativo | 23 |
| Tabla 6: Desglose de coste (materia prima)..... | 24 |
| Tabla 7: Desglose de coste (implementación) | 25 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|--------|---|
| VAMTAC | Vehículo de Alta Movilidad |
| RI | Regimiento de Infantería |
| RIMT | Regimiento de Infantería Motorizado |
| BIMT | Batallón de Infantería Motorizado |
| ET | Ejército de Tierra |
| Bón | Batallón |
| Cías | Compañías |
| Cía | Compañía |
| SERECO | Sección de Reconocimiento |
| BMR | Blindado Medio sobre Ruedas |
| AVV | Assault Amphibious Vehicle |
| AMFE | Análisis de Modos de Fallo y Efectos |
| CAD | Diseño Asistido por Computadora |
| SIGLE | Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejercito |
| VME | Valor Monetario Esperado |

Índice

| | |
|---|-----|
| Agradecimientos..... | I |
| Abstract..... | II |
| Resumen..... | III |
| Lista de Figuras | IV |
| Lista de Tablas | V |
| Lista de Abreviaturas | VI |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Motivación | 2 |
| 1.2. Objetivos y alcance | 2 |
| 1.3. Metodología..... | 3 |
| 1.4. Documentación aplicable..... | 4 |
| 2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN..... | 5 |
| 2.1. Antecedentes: Estudio del Estado del Arte..... | 5 |
| 2.2. Entrevistas..... | 7 |
| 3. DESARROLLO DEL DISEÑO | 8 |
| 3.1. Predimensionado..... | 8 |
| 3.2. Determinación de requisitos técnicos y operativos..... | 9 |
| 3.3. Estudio de viabilidad | 13 |
| 3.4. Diseño del sistema de alimentación de la torreta del VAMTAC..... | 15 |
| 4. GESTIÓN DE ADQUISICIÓN | 16 |
| 5. GESTIÓN DE IMPLEMENTACIÓN | 20 |
| 6. GESTIÓN DE RIESGOS | 22 |
| 7. GESTIÓN DE COSTES..... | 24 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 26 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA | 27 |
| 10. ANEXOS | 29 |
| ANEXO A: Entrevistas..... | 29 |
| ANEXO B: AMFE de diseño | 32 |
| ANEXO C: Planos | 34 |
| ANEXO D: Hoja de ruta | 44 |
| ANEXO E: Análisis de riesgos..... | 47 |
| ANEXO F: Análisis de costes | 49 |

1. INTRODUCCIÓN

El Regimiento de Infantería (RI) “Garellano” 45 se encuentra ubicado en el Acuartelamiento de Soyeche en la provincia de Vizcaya, a 4 kilómetros de Munguía y a 25 kilómetros de Bilbao. Esta posición geográfica en la que se encuentra el Regimiento, tiene implícita una situación política un tanto desfavorable, lo que se traduce en algunas ocasiones en limitaciones para la obtención de permisos para la instrucción en las afueras del acuartelamiento.

Los orígenes del Regimiento se remontan a 1567, cuando el Tercio Lope de Figuera del Gran Capitán obtuvo una inesperada victoria en la batalla de Lepanto (1567). El Regimiento 45 ha ido sufriendo diferentes transformaciones a lo largo de su vida operativa, donde cabe mencionar la disminución de la unidad en 1986 que paso de ser un RIMT a un BIMT. Actualmente, el RI 45 depende orgánicamente de la Brigada X “Guzmán el Bueno”, con cuartel general en Córdoba.

El RI 45 está compuesto por: un Batallón (Bón) de Infantería Motorizada del cual dependen tres Compañías (Cías) de fusiles, una Compañía (Cía) de Mando y Apoyo y una Cía. de Servicios, donde se integra la Sección de Reconocimiento (SERECO). El RI 45, dispone orgánicamente de 40 vehículos VAMTAC, provocando un problema para la motorización de la unidad. Ante esta vicisitud, se decidió dotar con vehículos únicamente a la SERECO (10 vehículos) y a una de las tres Compañías de fusiles (30 vehículos). Este hecho, provoca que únicamente se instruya en vehículos una compañía, sin embargo, para que todo el personal del RI disponga de esta formación los vehículos VAMTAC son rotados cada año a una Compañía.

El Batallones de Infantería Motorizada (BIMT) cuenta en su plantilla orgánica con vehículos todoterreno de tipo VAMTAC y Aníbal Santana; sin ellos las capacidades del Bón. disminuyen tanto a nivel logístico, ya sea para el propio transporte de personal y material, como a nivel operativo, puesto que los VAMTAC son la principal potencia de fuego de la unidad al contar con ametralladoras de calibre 12.70 mm o 7.62mm. Es por ello, que este Trabajo de Fin de Grado se ha centrado en mejorar las capacidades de dichos vehículos y más concretamente, en la obtención de un sistema de alimentación que permita aumentar la disponibilidad de la mayor potencia de combate.

En la figura 1, se observa que el acuartelamiento de Soyeche tiene dos espacios claramente diferenciados, aunque anejos el uno del otro: El acuartelamiento propiamente dicho, el cual dispone de 30 Hectáreas y un perímetro de 2500 m; Y el campo de maniobras, que tiene 78 Hectáreas. En este contexto, el Batallón de Infantería Motorizado presenta ciertas deficiencias en la instrucción, debido al poco espacio del que dispone para la realización de ejercicios tácticos con sus vehículos VAMTAC. Este hecho implica la necesidad de movimientos fuera de la provincia de Vizcaya para la realización de maniobras, lo cual supone importantes gastos económico en personal, debido a la necesidad de pagar dietas al personal y gastos en el trasporte de los vehículos.

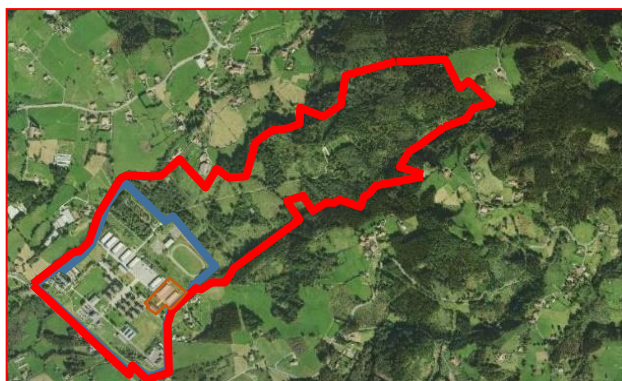


Figura 1: Vista aérea del Regimiento de Infantería “Garellano”45. Fuente: Libro de acogida *RI 45*.

1.1. Motivación

Actualmente, la alimentación de la torreta del VAMTAC se realiza de forma manual, es decir, el operador de la torreta es el encargado recoger la caja de munición del interior del vehículo y colocarla sobre el afuste de la ametralladora. Este sistema provoca la inoperatividad de la torreta durante el proceso de municionamiento, causando así, una prolongada ausencia de la mayor potencia de fuego de una Brigada de Infantería Motorizada. Sin fuego no hay movimiento, y sin movimiento no hay victoria.

Este Trabajo de Fin De Grado nace con el propósito de diseñar e implementar un sistema motorizado para transporte de la munición a la torreta del VAMTAC. Este proyecto proporcionaría un sistema de alimentación semiautomático, el cual reduce de manera sustancial el tiempo empleando en la alimentación de la torreta y garantiza la potencia de fuego durante mayor tiempo. Esta mejora en el sistema de alimentación acabaría con las carencias que presenta el actual sistema del VAMTAC frente a otros vehículos como el BMR o el RG-31, proporcionando así, unas características operativas que se le exigen a este vehículo.

1.2. Objetivos y alcance

Este trabajo tiene como objetivo principal el diseño de un sistema de alimentación motorizado para transportar la munición a la torreta del VAMTAC. Para ello, se diseñará este sistema con la capacidad de elevar la munición desde el interior del vehículo hasta la torreta del VAMTAC, logrando así acabar o disminuir con las vulnerabilidades que presenta el sistema actual:

- Inoperatividad de la torreta durante el proceso de alimentación de la ametralladora.
- Vulnerabilidad del operador durante la alimentación.

Este proyecto tiene como objetivo secundario proporcionar una adecuada planificación de las adquisiciones e implementación del sistema fabricado, incluyendo un análisis de costes y de riesgos. Para ello, es fundamental la contratación de una empresa que garantice la fabricación e implementación de un sistema de alimentación según los requisitos fijados en el desarrollo del diseño.

A continuación, se detalla el alcance de las fases principales de este trabajo:

- Desarrollo del diseño: se presenta un diseño mecánico preliminar de un prototipo que sirve para establecer los requisitos técnicos y operativos del sistema, así como para estimar su coste de fabricación.
- Gestión de adquisición e implementación: En este apartado se ha realizado un estudio de mercado para la contratación de una empresa para la fabricación del sistema de alimentación. Además, se planifica un plan de implementación con diferentes fases, mediante la elaboración de una hoja de ruta, que garantice la instalación de este sistema en un periodo máximo de un año (desde la elaboración del diseño).
- Gestión de riesgos y costes: se ha realizado un desglose de costes, donde se estima el costo que supondrá llevar a cabo dicho proyecto. Además, también se han identificado y gestionado los potenciales riesgos.

Con el desarrollo de estos tres apartados, se logrará que todas las Unidades de Infantería del ET dispongan de un sistema de alimentación semiautomático para los vehículos VAMTAC, permitiendo así dotar a este gran vehículo de las características operativas que se merece.

1.3. Metodología

En este apartado se resume la metodología llevada a cabo en el proyecto. En la figura 4, se muestran las etapas llevadas a cabo en el proyecto, las cuales siguen un orden cronológico *Finish-to-Start*, ya que es necesario acabar con la etapa antecesora para comenzar con la siguiente. A continuación, se describe brevemente cada una de ellas:

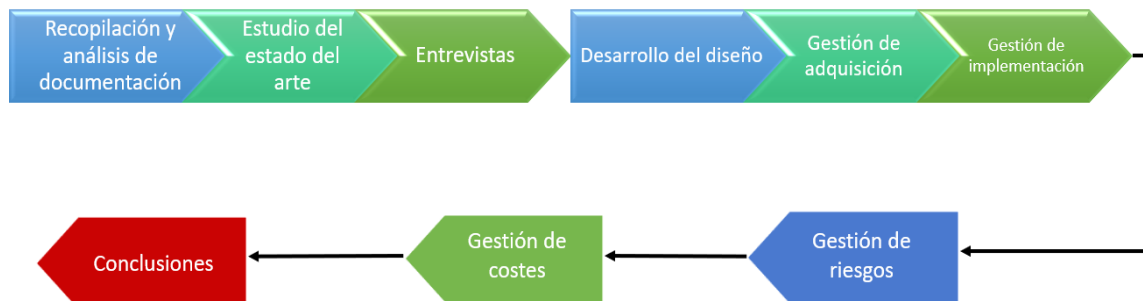


Figura 2: Etapas de la metodología empleada. Fuente: Elaboración propia.

- **Recopilación y análisis de documentación:** La primera etapa consiste en la recopilación de información a través de los manuales extraídos de Intranet, utilizando una computadora del ejército. Sin embargo, la información obtenida del sistema de armas fue muy limitada o incluso inexistente debido a tratarse de información clasificada, originando un grave problema de información.
- **Estudio del estado del Arte:** La información obtenida a través de los manuales de los diferentes vehículos y la búsqueda disponible en intranet, ha permitido realizar un estudio de las tecnologías existentes en el ámbito de sistemas de alimentación de la torreta de Los diferentes vehículos.
- **Entrevistas:** Debido a la falta de información en la documentación, ha sido esencial la realización de entrevistas. En primer lugar, se han realizado entrevistas para conocer la tecnología existente en otros vehículos y sobre todo para conocer la posibilidad de implementar dicha tecnología en el proyecto. Ante la inviabilidad de implementación de la tecnología existente de otros vehículos, han sido esenciales las entrevistas con el personal de mantenimiento. Con su ayuda se han determinado los requisitos técnicos y operativos que han permitido resolver la hipótesis de proyecto.
- **Desarrollo del diseño:** Para el desarrollo del proyecto ha sido esencial tanto la recopilación de información como las entrevistas. Primero, se ha realizado un predimensionamiento, con el objetivo de determinar unas magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones de los elementos que componen el sistema a diseñar. En segundo lugar, se han determinado los requisitos técnicos y operativos, para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema. Estos requisitos han sido determinados mediante cálculos mecánicos, los cuales han permitido la elección tanto del motorreductor como de la cadena de transmisión. Posteriormente, se ha realizado un estudio de la viabilidad mediante diferentes pruebas. Y una vez analizados los datos obtenidos, se ha elaborado el diseño del sistema, con su correspondiente Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE¹) (véase anexo B) [1]. El diseño del sistema ha sido elaborado mediante un software de Diseño Asistido por Computadora (CAD), el cual ha permitido obtener los diferentes planos tanto de las piezas como del ensamblaje del conjunto del sistema (véase anexo C).

¹ AMFE: es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

- **Gestión de adquisición:** Para la implementación del sistema de alimentación semiautomático, se han llevado a cabo las siguientes tareas: 1. Estudio de las adquisiciones: fabricación interna o externa, trabajo a subcontratar y tipo de contrato; 2. Gestión de las adquisiciones: con su correspondiente estudio de proveedores (Análisis DAFO² [2]) y decisión de compra (Empresa subcontratada); 3. Análisis de los posibles controles de las adquisiciones, con el fin de comprobar tanto el trabajo subcontratado como los tiempos de entrega.
- **Gestión de implementación:** La gestión de implementación es la fase de ejecución de un proyecto. En este proyecto consiste en la planificación de la instalación del sistema de alimentación, en los diferentes VAMTAC, de las unidades de Infantería del ET. Para ello, se ha realizado un estudio de la demanda (número de vehículos objeto de estudio) y posteriormente una hoja de ruta, donde se muestran los siguientes datos: 1. Unidad del ET propietaria de los vehículos; 2. Fase de implementación asignada a dicha Unidad; 3. Taller asignado a dicha Unidad; 4. Distancia entre taller y la Unidad; 5. Número de vehículos que aporta cada Unidad.
- **Gestión de riesgos:** En este apartado se han identificado los riesgos tanto técnicos como los riesgos de implementación del nuevo sistema de alimentación en los vehículos. Para ello se ha realizado un registro de riesgos (Risk Assessment List³) y se ha calculado el impacto que supondrían sobre el proyecto (Valor Monetario Esperado⁴ [3]). Finalmente, se ha elaborado una planificación de respuestas ante los diferentes riesgos identificados.
- **Gestión de costes:** Para realizar la gestión de costes se han determinado los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto. Las herramientas y técnicas utilizadas han sido la estimación por analogía, históricos de otros proyectos y las condiciones de mercado, debido principalmente a la inexistencia de información exacta en la materia. Por tanto, se han realizado comparativas con otros proyectos y sus correspondientes desgloses de costes.
- **Conclusiones:** Se exponen y analizan los aspectos más importantes de la realización del proyecto que se derivan de los puntos citados anteriormente. Además, se expresan las líneas futuras que puede seguir este proyecto y se exploran otras alternativas a la solución propuesta.

1.4. Documentación aplicable

A continuación, se detalla la documentación aplicable para la elaboración del proyecto [4]:

- Tarifarios Oficiales y Temparios Oficiales de URO (fabricante del vehículo) o del fabricante original de sus componentes, o del carroceros del vehículo, actualizado a la última edición.
- Manuales de taller, catálogos o cualquier otro aplicable (manuales de usuario, manuales de carrozado, documentación técnica, etc.), de URO (fabricante del vehículo) o del fabricante original de sus componentes, o del carroceros del vehículo, actualizado a la última edición.
- Manual de Procedimiento de Inspección de las estaciones Inspección Técnicas de Vehículos (ITV), editado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, y el Complemento para su aplicación en las estaciones ITV/Fuerzas Armadas (FAS) dependientes del ET (ET), en la versión 7.3.3 de 2018.
- RD 750/2013, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de

² DAFO: Se trata de un tipo de análisis cuyo objetivo es analizar de forma general la situación actual de la empresa, para así mejorar el rendimiento y anticiparnos a las situaciones que puedan suponer un peligro para la entidad.

³ Risk Assessment List: Método por el cual se clasifican los riesgos según la probabilidad de ocurrencia y el impacto.

⁴ Valor Monetario Esperado (VME): El valor se alcanza multiplicando el porcentaje de cada posibilidad se produce por la pérdida monetaria o ganancia asociada con ese resultado.

vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

- Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.
- Ley 24/2011, de 1 de agosto, de contratos del sector público en los ámbitos de la defensa y seguridad.
- RDL 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- PECAL 2130: Requisitos OTAN de aseguramiento de la Calidad para inspección y pruebas.
- UNE-EN-ISO 9001/2000: Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos.
- NM-E-2604 EMG IR: Esmaltes de acabado a emplear en diferentes zonas de un vehículo militar.

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1. Antecedentes y estudio del Estado del Arte

Actualmente en el Ejército de Tierra (ET) existen diferentes sistemas de alimentación para transportar la munición a la torreta del vehículo. Estos sistemas varían en función del vehículo en el que se encuentran instalados. A continuación, se describen los diferentes sistemas de alimentación existentes en la actualidad en diversos vehículos.

Los Batallones de infantería Motorizada cuentan en su plantilla orgánica con vehículos ligeros de tipo VAMTAC. Estos vehículos disponen de un sistema de alimentación manual, es decir, el operador tendrá que seguir el siguiente procedimiento para transportar la munición a la torreta [5]: primero, coger la caja de munición del interior del vehículo y colocarla sobre el afuste de la torreta (pieza encargada de soportar la caja de munición); segundo, el operador tendrá que abrir la caja de munición, la cual presenta un sistema de seguridad, siendo necesario la utilización de herramientas adecuadas (alicate, navaja multiusos, tenazas, etc.); tercero, el operador habrá preparado la ametralladora para introducir la cinta de la munición en el interior de la misma.

Por otra parte, los Batallones de infantería ligera protegida disponen en su plantilla orgánica de vehículos BMR (Blindado Medio sobre Ruedas). Estos vehículos fueron fabricados en 1979 para el transporte y movimiento de un pelotón de infantería hacia la zona de combate [6]. El BMR dispone de un sistema de alimentación con una doble configuración [7]: manual, mismo sistema que en el VAMTAC; hidráulico, sistema de alimentación que mediante cables de acero eleva la munición desde el interior del vehículo hasta la torreta. Sin embargo, este sistema presenta numerosos fallos técnicos, de los cuales cabe mencionar: insuficiente fuerza para elevar 100 cartuchos de 12,70 mm; numerosas interrupciones, por falta de lubricante en el sistema, que es debido principalmente a la ineficiente bomba de aceite presente en el sistema. Actualmente, el sistema de alimentación utilizado en el BMR es el manual debido a los problemas mencionados anteriormente.

En 2007, El Gobierno de España aprobó la adquisición de 180 vehículos RG-31 Mk.5E. Este vehículo es un transporte blindado de personal protegido contra minas, gracias al chasis monocasco en forma de "v" y a su alta suspensión [8]. Estos vehículos cuentan con una ametralladora 12,70 mm o 7,62 mm que disponen de un sistema de control remoto desde el interior del vehículo (véase figura 2) y dispone de una cinta elevadora motorizada para transportar la munición a la torreta. Este sistema se basa en una cinta motorizada que realiza una doble función:

- Por un lado, funciona como cinta soporte sobre la cual la munición va engarzada.
- Por otro lado, hace la función de cinta elevadora, puesto que mediante un sistema de engranajes esta asciende hasta conseguir transportar la munición a la torreta del vehículo.

Este nuevo y eficaz sistema de alimentación ha permitido acabar con las deficiencias de los sistemas implementado en el BMR. Incluso, ha concluido con las desventajas de los sistemas de alimentación manual (VAMTAC), de las que caben destacar: largo periodo de tiempo en la alimentación de la torreta y vulnerabilidad del operario ante el enemigo en el proceso de alimentación.

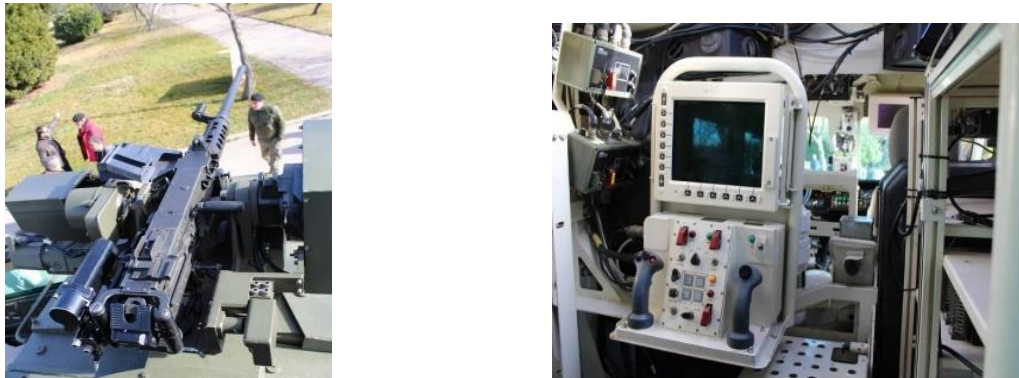


Figura 3: Ametralladora 12,70 mm (izquierda) y sistema de control remoto (derecha). Fuente: [8]

También son objeto de estudio los sistemas de alimentación de los vehículos en otros cuerpos de ejército. El vehículo más característico de Infantería de marina es el Vehículo de Asalto Anfibio (AAV-7C). Este es un vehículo anfibio de desembarco con una tracción por orugas que le permite ir desde el navío de guerra hasta la tierra [9]. Este vehículo dispone de una torreta con un cañón de 40 mm y una ametralladora 12,70 mm. Dicha torreta cuenta con un sistema de alimentación automático muy similar al del RG-31, que usa una cinta elevadora donde la munición va engarzada y unos engranajes que permiten elevar dicha munición a la torreta. Este sistema permite al tirador centrarse únicamente en la asignación del objetivo y no en la alimentación. Además, este sistema permite realizar fuego “continuado” sobre los objetivos, sin quedar inoperativa la potencia de fuego del vehículo durante su alimentación.

Siguiendo con los vehículos anfibios, Estados Unidos dispone en su orgánica el Vehículo de Asalto Anfibio AAVP-7A1 (para transporte de personal). Este es el más común AAV, lleva una torre equipada con una ametralladora pesada M2HB calibre .50, y un Mk19 lanzagranadas automático de 40 mm [10]. Al igual que el AAV-7C, cuenta con un sistema de alimentación automático que permite al tirador centrarse únicamente en la asignación del objetivo y no en la alimentación. Además, este sistema permite realizar fuego “continuado” sobre los objetivos, sin quedar inoperativa la potencia de fuego del vehículo durante su alimentación.



Figura 4: Torreta del AAVP-7A1, equipada con una ametralladora pesada M2HB calibre .50, y un Mk19 lanzagranadas automático de 40 mm. Fuente: [10]

En el estudio del estado del arte se han descrito los diferentes sistemas de alimentación de los vehículos, tanto del ET como de vehículos de otros cuerpos y otros ejércitos. Las conclusiones a destacar de dicho estudio son las desventajas que presenta el actual sistema de alimentación del VAMTAC respecto a los sistemas de alimentación de otros vehículos, como el RG-31 Mk.5E. Mientras que el VAMTAC dispone de un sistema de alimentación manual, con la necesidad de emplear un operario para realizar la alimentación de la ametralladora. En el RG-31 Mk.5E, la alimentación se efectúa de manera automática con una cinta y unos engranajes que permiten el transporte de la munición a la torreta del vehículo.

2.2. Entrevistas

Una vez realizado el estudio del estado de arte y analizado las capacidades del sistema de alimentación de la torreta del VAMTAC, cabe recopilar información para diseñar un nuevo sistema de alimentación. Con dicho fin, se han realizado entrevistas tanto a personal cercano con este vehículo, como a personal especializado en materia técnica y de implementación. Estas entrevistas cuentan con diferentes preguntas según la persona entrevistada (véase anexo A), con la finalidad de obtener la información relacionada con su trabajo y con sus competencias.

La primera entrevista se realizó al Teniente Cebollero, jefe de la Primera Sección de la Segunda Compañía del RI 45. En dicha entrevista se extrajeron las siguientes conclusiones: 1. Limitaciones del campo de maniobras del acuartelamiento de Soyeche para la instrucción de los vehículos y su tripulación; 2. Las desventajas que presenta el sistema de alimentación de la torreta de torreta del VAMTAC respecto a otros vehículos de una vida útil similar; 3. Necesidad de realizar un estudio para determinar el tiempo de implementación en los vehículos de las unidades de Infantería

La siguiente entrevista a analizar fue realizada al Subteniente Cortes jefe de mantenimiento del RI 45. Tras la realización de esta entrevista se determinaron las siguientes conclusiones: 1. Inadecuado sistema de alimentación respecto a otros vehículos de características similares; 2. El tiempo de implementación variará según la empresa contratada; 3. Necesidad de realizar la implementación en fases para mantener un mínimo de efectivos en cada zona de España.

La última entrevista que se realizó fue al Ingeniero naval José María Soriano Gómez. Por tanto, dicha entrevista se enfocó en el marco técnico y de gestión. La primera pregunta fue enfocada en la viabilidad técnica, sobre cómo implementar el sistema de alimentación en un espacio reducido. Él afirmó que la implementación era viable, debido a que ya se había hecho proyectos similares, únicamente sería necesario un estudio exhaustivo de las dimensiones y de las sollicitaciones mecánicas necesarias para el sistema (determinación de requisitos técnico y

operativos, apartado 3.1). Otro aspecto a destacar durante fue la gestión de adquisición que realizaría, donde comentó la importancia de contratar a una empresa con experiencia en proyectos similares y, por tanto, que dispongan de las herramientas y personal adecuado para garantizar la fabricación del sistema de alimentación (estudio de mercado). Por último, en relación a la manera más eficaz de implementar este sistema en un elevado número de vehículos mencionó: *“se suele realizar por fases. Esto se debe principalmente por las siguientes razones: falta de mecánicos, ausencia de abastecimiento simultaneo, dejar inoperativa a una Unidad durante el periodo de implementación, etc.”*

En resumen, las conclusiones extraídas de las entrevistas son las siguientes:

- Limitaciones del campo de maniobras del acuartelamiento de Soyeche para la instrucción de los vehículos y su tripulación.
- El sistema de alimentación del VAMTAC presenta desventajas respecto a otros vehículos de características similares: Mayor tiempo en la alimentación de la torreta, es decir, mayor tiempo inoperativa la torreta durante su alimentación.
- Necesidad de realizar un estudio exhaustivo de las dimensiones y de las solicitudes mecánicas necesarias para el sistema de alimentación.
- Contratar a una empresa con experiencia en proyectos similares y, por tanto, que dispongan de las herramientas y personal adecuado, para garantizar la fabricación del sistema de alimentación, según los requisitos estipulados.
- Necesidad de realizar la implementación en fases para mantener un mínimo de efectivos en cada zona de España.

3. DESARROLLO DEL DISEÑO

En este apartado se ha elaborado el diseño del sistema motorizado para el transporte de la munición a la torreta del VAMTAC. Para ello, primero se realiza un predimensionamiento de las piezas del sistema de alimentación, con el fin de ajustarse al espacio disponible en el interior del vehículo. Posteriormente, se determinan los requisitos técnicos y operativos necesarios para diseñar un sistema que cumpla con las necesidades técnicas y operativas del vehículo. Finalmente, se efectúa un estudio de viabilidad mediante diferentes pruebas, lo que permite, junto al resto de los apartados anteriores, el diseño definitivo de las piezas.

El sistema se compone de una cadena de transmisión que se accionará por medio de un motor eléctrico y sirve para elevar la munición, la cual irá engarzada a la cadena en cintas de 100 cartuchos. El operador accionará el sistema desde su puesto de tirador, y este sistema permite al operador disponer de munición sin la necesidad de abandonar su puesto.

3.1. Predimensionamiento

Como primera aproximación al diseño del sistema de alimentación, se ha realizado un predimensionamiento de los elementos del sistema basado en el espacio disponible en el vehículo. El objetivo es encontrar unas magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones y características de los elementos que componen el sistema a diseñar. Servirán para afinar un proceso de diseño que, finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo. Para ello, se tomaron medidas en las diferentes zonas del VAMTAC, con ayuda del personal del escalón de mantenimiento, para determinar tanto la posición como las dimensiones de las piezas más significativas, es decir, de aquellas que podrían causar problemas de diseño. En la Tabla 1, se pueden observar las medidas tomadas para dichas piezas:

| PIEZA | DIMENSIONES (x, y, z) |
|--------------------------|--|
| Motorreductor | (250,200,200) mm |
| Cadena de transmisión | (50,1200,50) mm |
| Soporte caja de munición | (280,100,148) mm |
| Engranaje | Diámetro \leq 120 mm; Ancho \leq 40 mm |

Tabla 1: Predimensionamiento. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Determinación de requisitos mecánicos y operativos

En este apartado se determinan los requisitos mecánicos y operativos del sistema de elevación. Los primeros se definen a partir de las leyes físicas que relacionan las magnitudes de diseño del sistema. Mientras que los requisitos operativos se determinan a través de las entrevistas al personal especializado en la materia, con el objetivo de garantizar la operatividad del sistema de alimentación durante el empleo del vehículo.

A continuación, se detallan los requisitos mecánicos y operativos de los componentes más relevantes del sistema de alimentación:

3.2.1. Requisitos mecánicos

Para realizar el diseño mecánico han sido objeto de estudio la velocidad de elevación de la cadena de transmisión, la potencia de elevación necesaria del motor para elevar la cadena de transmisión y el esfuerzo que tiene que soportar dicha cadena sin romperse. El diseño mecánico se realiza siguiendo los siguientes pasos:

1. Pre-selección de los elementos del sistema: realizando un cálculo preliminar, se han escogido elementos comerciales (motorreductor monofásico, engranaje y cadena de transmisión), con unas características técnicas y mecánicas que a priori podrían cumplir con las exigencias mecánicas del sistema de alimentación. En la tabla 2, se puede observar el modelo de cada una de estas piezas, donde destaca, el motorreductor monofásico (RSTV040) el cual funciona tanto con corriente continua como con corriente alterna, por tanto, no supondría ningún problema para su futura instalación en el vehículo.

| Elemento objeto de estudio | Dimensiones | Características mecánicas | Proveedor |
|--------------------------------------|--|---|-----------|
| Motorreductor monofásico RSTV040 | (245,196,132) mm | $P = 550 \text{ W}, 0,75 \text{ CV}$ RPM salida: 280 RPM | [11] |
| Cadena de transmisión 12B | Paso = 19,05 mm Rodillo = 12,07 mm Eje = 5,72 mm Ancho = 15,62 mm Longitud = 1200 mm | Carga rotura = 2950 Kp =28929,62 N | [12] |
| Engranaje cilíndrico RS PRO 182-7839 | Número diente = 26 | | [13] |

Tabla 2: Pre-selección de los elementos del sistema Fuente: Elaboración propia.

2. Cálculo mecánico mediante fórmulas matemáticas, utilizando los parámetros de los elementos seleccionados.
3. Comprobación de que las solicitaciones calculadas son asumibles por los elementos seleccionados.

A continuación, se detalla el cálculo de la velocidad de elevación, de la potencia de elevación y del esfuerzo de la cadena de transmisión, con el fin de comprobar que los elementos preseleccionados cumplen con dichos requisitos:

- **Velocidad de elevación necesaria para abastecer a la ametralladora:** La velocidad de elevación (v_{elev}) es la velocidad que proporciona el sistema de alimentación para transportar la munición a la torreta del VAMTAC. Esta velocidad de elevación tendrá que proporcionar un número de cartuchos por minuto (Nc), que a su vez será proporcional a la cadencia de disparo de la ametralladora. Para el sistema propuesto en este trabajo, la velocidad de elevación se calcula como [12]:

$$v_{elev} [\text{m/s}] = \frac{p \times Z_i \times N_i}{60} \quad (1)$$

donde p es el paso de la cadena 12B, en metros, Z_i es el número de dientes del engranaje, y N_i es la velocidad de giro del engranaje en revoluciones por minuto (véase tabla 2). Sustituyendo los valores de los elementos escogidos se obtiene:

$$v_{elev} = \frac{0,01905 \frac{\text{m}}{\text{diente}} \times 26 \frac{\text{dientes}}{\text{rev}} \times 280 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{60 \text{ s/min}} = 2,3 \text{ m/s}$$

Para garantizar que el sistema de alimentación abastece adecuadamente a la ametralladora, es necesario calcular el número de cartuchos por minuto que es capaz de elevar. Para calcular el número de cartuchos por minuto (Nc) que proporciona el sistema de alimentación a la torreta del VAMTAC, habrá que calcular primero el tiempo de alimentación (T_a) que emplea dicho sistema en alimentar a la torreta:

$$T_a = T_e + T_o + T_d$$

donde T_a es tiempo mínimo que emplea el sistema de alimentación en elevar la munición a la torreta del VAMTAC en segundos, T_e es el tiempo de elevación que tarda el sistema en elevar la munición, T_o es el tiempo que emplea el operador en engarzar la nueva cinta de munición al anclaje del sistema y T_d es el tiempo de descenso de la cadena de transmisión.

Dando lugar a:

$$T_e = \frac{Lc}{v_{elev}} = \frac{1,2 \text{ m}}{2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,52 \text{ s}$$

donde L_c es la longitud de la cadena de transmisión. Por otro lado:

$$T_o = 4 \text{ s (estimación análoga, tiempo empleado en alimentar la Browning 12,70 mm)}$$

$$T_d = T_o = 0,52 \text{ s}$$

$$T_a = 0,52 \text{ s} + 4 \text{ s} + 0,52 \text{ s} = 5,04 \text{ s}$$

El tiempo de alimentación calculado ($T_a = 5,04 \text{ s}$), permite calcular el número de cartuchos (N_c) que el sistema de alimentación objeto de estudio, sería capaz de proporcionar, dando lugar a $N_c = 100$ cartuchos cada $5,04 \text{ s}$.

Si realizamos una comparativa entre el número de cartuchos que proporcionaría el sistema de alimentación con la cadencia de tiro de la Ametralladora Browning (M2), observamos:

$$N_c = \frac{100 \text{ cartuchos}}{5,04 \text{ s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1190 \frac{\text{cartuchos}}{\text{min}}$$

siendo [14]:

$$N_c > \text{Cadencia de tiro Browning (M2)} \equiv 750 \sim 850 \text{ disparos/minuto}$$

- **Potencia de elevación necesaria:** La potencia necesaria del motor para elevar la cinta de transmisión, junto a la munición, se calcula como [15]:

$$P[\text{W}] = \frac{M[\text{kg}] \cdot g \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot v_{elev} [\text{m/s}]}{\eta} \quad (2)$$

donde, P es la potencia en vatios, v_{elev} es la velocidad de elevación, en metros por segundos, g es la aceleración de la gravedad en la tierra y cuyo valor es aproximadamente $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, η es el rendimiento mecánico y M es la masa total a elevar, en kilogramos, que se calcula como:

$$M = M_{\text{munición}} + M_{\text{cadena de transmisión}}$$

donde $M_{\text{munición}}$ es la masa de la munición y $M_{\text{cadena de transmisión}}$ es la masa de la cadena de transmisión, que se calculan como:

$$M_{\text{munición}} = 100 \text{ cartuchos} \times 0,269 \text{ kg/cartucho} = 26,9 \text{ kg}$$

$$M_{\text{cadena de transmisión}} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 1,2 \text{ m} = 1,44 \text{ kg}$$

dando lugar a $M = 28,3$ kg.

Utilizando $M = 28,3$ kg , $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$, $v_{elev} = 2,3$ m/s y un rendimiento mecánico de $\eta = 0.8$ [10] en la ecuación (2), se obtiene una potencia:

$$P = 348 \text{ W} \equiv 0,472 \text{ CV}$$

siendo:

$$P = 348 \text{ W} \equiv 0,472 \text{ CV} < P_{motor} = 550 \text{ W} \equiv 0,75 \text{ CV}$$

- **Resistencia a la tracción en la cadena de transmisión:** Es la resistencia que tiene que soportar la cadena sin romperse, se calcula como [15]:

$$F[\text{N}] = F_U + F_C = \frac{P}{v_{elev}} + \frac{M}{L_c} \times v_{elev}^2 \quad (3)$$

donde, F es el esfuerzo total en Newton [N], F_U es el esfuerzo útil, F_C es la fuerza centrífuga, P es la potencia transmitida, M es el sumatorio de la masa de la munición y la masa de la cinta en kilogramos (kg).

Si consideramos:

$$F_U = \frac{P}{v_{elev}} = \frac{348 \text{ W}}{2,3 \frac{m}{s^2}} = 151,3 \text{ N}$$

$$F_C = \frac{M}{L_c} \times v_{elev}^2 = \frac{28,3 \text{ Kg}}{1,2 \text{ m}} \times 2,3^2 \frac{m^2}{s^2} = 124,76 \text{ N}$$

obtenemos:

$$F = F_U + F_C = 276,06 \text{ N}$$

En la Tabla 3, se muestra la pre-selección realizada sobre el motor y la cadena de transmisión, donde se observa que cumple con las dimensiones y con las sollicitaciones mecánicas necesarias.

| Elemento objeto de estudio | Dimensiones | Características mecánicas | Proveedor |
|-------------------------------------|--|---|-----------|
| Motorreductor monofásico RSTV040 | (245,196,132) mm < (250,200,200) mm | $P = 550 \text{ W}, 0,75 \text{ CV} >$ $P = 348 \text{ W}, 0,472 \text{ CV}$ | [11] |
| Cadena de transmisión 12B | Paso = 19,05 mm Rodillo = 12,07 mm Eje = 5,72 mm Ancho = 15,62 mm Longitud = 1200 mm | Carga rotura = 2950 Kp =28929,62 N > 276,06 N | [12] |

Tabla 3: Estudio sobre la viabilidad de las dimensiones y solicitaciones mecánicas.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se analizan los requisitos operativos identificados durante las entrevistas al personal técnico:

- **Requisitos operativos:** Las piezas fabricadas, además de cumplir con las medidas establecidas y las solicitaciones mecánicas, tendrán que cumplir una serie de características que garanticen la operatividad del sistema de alimentación y las capacidades del VAMTAC. Dos aspectos a tener en cuenta son las vibraciones del vehículo durante su desplazamiento y el polvo que se genera en el interior del vehículo. Con la finalidad de solventar estos problemas, se han determinado los siguientes requisitos:
 1. Limitar las vibraciones del sistema de alimentación: Las vibraciones pueden ocasionar el descarrilamiento de la cadena de transmisión y consigo la inoperatividad del sistema. Para limitar estas vibraciones se ha diseñado una pieza “soporte de la caja de munición”, esta pieza evitará que el movimiento del vehículo sea transferido a la caja munición y por consiguiente a la cadena de transmisión.
 2. Funcionamiento del sistema con presencia de polvo: Las piezas tendrán que ser fabricadas con un acabado que eviten la entrada de polvo en los mecanismos y así reducir o eliminar la probabilidad de los encasquillamientos o la inoperatividad del sistema. En la figura 5, puede observarse una cadena de transmisión de tipo 12B, con unos accesorios que evitan la entrada de polvo y también, permitirían el anclaje del gancho (pieza que une la cinta de munición con la cadena de transmisión).



Figura 5: cadena de transmisión de tipo 12B. Fuente: [16].

3.3. Estudio de viabilidad

El estudio de viabilidad consistió en la realización de diferentes pruebas tanto de montaje como de solicitaciones mecánicas. Además, se buscó soporte técnico con la finalidad de conocer la posibilidad de llevar a cabo los requisitos técnicos y operativos expuestos en el apartado anterior.

- Pruebas de montaje: Se llevaron a cabo mediante simulaciones de montaje. Para comprobar que el dimensionamiento de las piezas era el adecuado, se colocaron en sus correspondientes posiciones piezas similares, al del sistema original, para confirmar que las dimensiones eran las apropiadas.

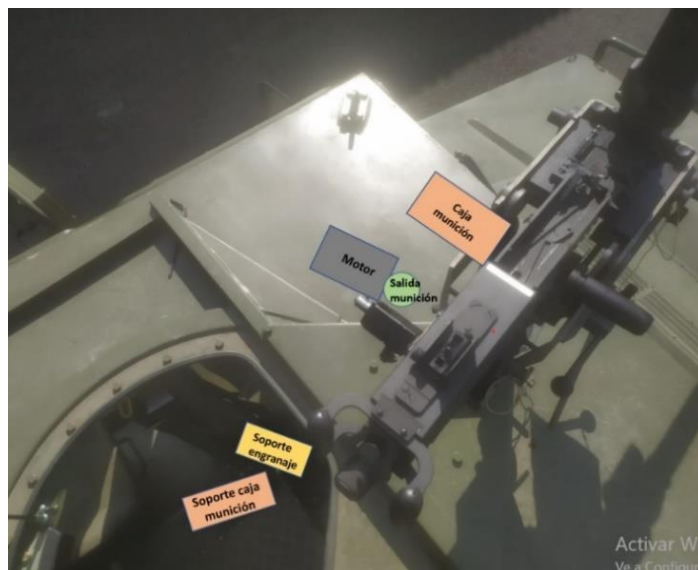


Figura 6: Prueba de montaje: dimensionamiento y posición de las piezas. Fuente: Elaboración propia.

- Pruebas mecánicas: Se realizaron ensayos mecánicos con la finalidad de comprobar que el diseño mecánico propuesto era practicable. Para ello, primero se realizó un estudio de mercado para comprobar la existencia de piezas que cumpliesen con las solicitaciones mecánicas calculadas en el apartado anterior. Posteriormente, se efectuaron simulaciones de ensayos mecánicos con los materiales disponibles en el escalón de mantenimiento del RI 45. Estas pruebas se realizaron con la finalidad de comprobar que la potencia del motorreductor preseleccionado era suficiente para elevar la cadena de transmisión sin romperse. Para ello, se utilizó: 1. un motorreductor de las mismas características ($P = 348 \text{ W} = 0,472 \text{ CV}$ y 280 rpm de salida); 2. Cadena de transmisión de tipo 12B, sobre la que se lastró una masa (26,9 kg), simulando la masa de la municion. Estas pruebas permitieron afirmar que con dicha potencia la cadena de transmisión era elevada sin romperse.

Estas pruebas permitieron determinar los potenciales fallos y defectos posibles en cada una de las piezas, surgiendo así, la necesidad de realizar un análisis modal de fallos y efectos (AMFE). Este procedimiento permitió identificar los fallos potenciales de cada pieza, con la finalidad de disminuir la probabilidad de ocurrencia y la gravedad que podrían causar en el proyecto.

En el AMFE, mostrado en el Anexo B, destaca la gravedad que podrían causar los potenciales fallos analizados, debido a que todos ellos presentan una gravedad igual o superior a ocho. Ante esta situación, fue necesario la planificación de medidas que permitiesen reducir la probabilidad de ocurrencia y por consiguiente el enorme impacto asociado.

| Nr. | Pieza / proceso | Modo de fallo | Efecto del fallo | Gravedad (G) | Causa del fallo | Ocurrencia | Detección | Detección (D) | NPR | Medidas sugeridas |
|-----|-----------------------|---------------|---|--------------|--|------------|---------------------------|---------------|-----|---|
| 5 | Cadena de transmisión | Rotura | Inoperatividad del sistema de transmisión | 10 | Inadecuado calculo de sollicitación mecánica | 2 | Pruebas de funcionamiento | 5 | 100 | Pruebas de esfuerzo en las fábricas de Santa Barbaray su correspondiente informe de verificación. |

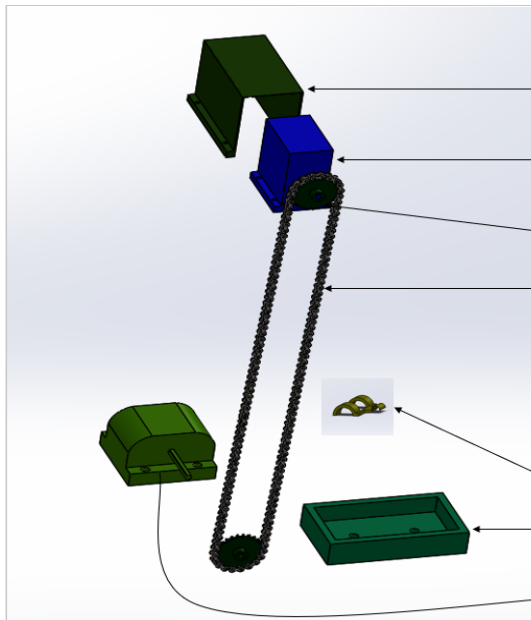
Figura 7: AMFE (rotura cadena de transmisión). Fuente: Elaboración propia.

En el AMFE destaca el fallo por rotura de la cadena de transmisión que, como se puede observar en la figura 7, tiene una gravedad de magnitud 10 y una dificultad de detección de magnitud 5. Para evitar este fallo se ha planificado la siguiente medida: se realizará un muestreo de las cadenas de transmisión (en la fase 0 de la implementación), las cuales serán sometidas a pruebas de esfuerzo para verificar que cumplen con los requisitos mecánicos preestablecidos.

3.4. Diseño del sistema de alimentación de la torreta del VAMTAC

Para el diseño, se han tenido en cuenta el predimensionamiento, los requisitos técnicos y operativos y el estudio de viabilidad. La elaboración de los planos de las diferentes piezas se ha efectuado mediante el programa CAD Solid Works. Estos planos (véase anexo C) muestran las medidas recomendables que la empresa contratada puede considerar durante su fabricación.

En la figura 8, se observa el despiece del sistema de alimentación de la torreta del VAMTAC. En este despiece se muestra qué piezas son necesarias para formar el conjunto del sistema, así como la cantidad de cada una de ellas. Además, se muestra la posición de cada pieza en el sistema, teniendo en cuenta que alguna pieza a sido explosionada mediante el programa CAD, para poder observarse adecuadamente.



| ITEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|------|------------------------------|----------|
| 1 | Techo motor | 1 |
| 2 | motor | 1 |
| 3 | Reductora | 2 |
| 4 | Cadena de transmisión | 1 |
| 5 | Eslabón interno de la cadena | 72 |
| 6 | Eslabón externo de la cadena | 72 |
| 7 | Anclaje | 1 |
| 8 | Soporte caja de munición | 1 |
| 9 | Soporte engranaje | 1 |

Figura 8: Despiece del sistema de alimentación. Fuente: Elaboración propia.

4. GESTIÓN DE ADQUISICIÓN

Durante el desarrollo del proyecto surgió la necesidad de realizar una gestión de adquisición debido principalmente a la ausencia de conocimiento y medios para la fabricación e implementación del sistema de alimentación.

En la gestión de adquisición, se analizaron las necesidades del proyecto. Para ello, se planificaron las siguientes tareas:

- Estudio de las adquisiciones (fabricación interna o externa, trabajo a subcontratar y tipo de contrato).
- Gestión de las adquisiciones, con su correspondiente estudio de proveedores (Análisis DAFO) y decisión de compra.
- Análisis de los posibles controles de las adquisiciones, con el fin de comprobar tanto el trabajo subcontratado como los tiempos de entrega.

A continuación, se van a desarrollar más detalladamente las etapas llevadas a cabo durante esta gestión de adquisición:

- **Estudio de las adquisiciones:**

- Fabricación interna o externamente: Una vez analizado los requisitos necesarios para llevar a cabo el proyecto, se observó la incapacidad de fabricar el sistema de alimentación internamente. Este hecho se debió principalmente a dos motivos:

- Ausencia de conocimientos técnicos: el ET no dispone del conocimiento necesario para la fabricación del sistema de alimentación, descrito en el apartado 3. Por tanto, es necesario que la fabricación de dicho sistema sea realizada por especialistas en la materia.
 - Ausencia de infraestructuras y personal para la fabricación del sistema: la ausencia de infraestructuras y personal hizo inevitable la decisión de fabricar el sistema externamente, debido principalmente a que el ET carece tanto de instalaciones apropiadas para su fabricación como del personal necesario para ello.

- Trabajo a subcontratar: El trabajo a subcontratar es la fabricación e implementación de un sistema de alimentación de la torreta del VATMCAC, cumpliendo con los diferentes requisitos preestablecidos en el desarrollo del diseño (apartado 3), donde cabe destacar: los requisitos técnicos, y los requisitos de diseño. Para ello, se le facilitará a la empresa contratada: los requisitos, características técnicas, materiales y tiempos estimados para la implementación.

- Tipo de contrato: Se establecerá un contrato de precio fijo. Se ha determinado este tipo de contrato porque son los adecuados para subcontratar bienes o servicios con unas especificaciones del producto (requisitos, apartado 3). Además, este tipo de contrato establece un precio por unidad producida, por tanto, se pagará a la empresa subcontratada por cada sistema de alimentación que sea fabricado e implementado. Por otra parte, se establecerán una serie de condiciones de obligado cumplimiento, entre las que cabe mencionar: certificación de esfuerzos (piezas) y sanciones por incumplimiento de plazos. Estas sanciones, se harán en caso de detectar alguna anomalía en los controles de adquisiciones, que se describen más adelante.

- **Efectuar las adquisiciones:**

Tras el análisis de las adquisiciones se realizó un estudio de mercado, con el fin de seleccionar a la empresa que garantizase la fabricación e implementación del sistema de alimentación con éxito y además, se ajustase a las condiciones del contrato. Tras el estudio de las diferentes propuestas de los licitadores, se decidió la empresa a subcontratar.

-Estudio de mercado: las características que se han tenido en cuenta durante el estudio de las potenciales empresas a subcontratar son las siguientes: experiencia laboral en proyectos similares, empresa con sedes en España, suficiente prestigio que garantice la realización del proyecto y cumplimiento del contrato (requisitos técnicos y de diseño, presupuesto, plazos de entrega, etc.). Durante el estudio de mercado y los análisis DAFO realizados, destacaron las siguientes empresas:

1. BAE Systems Land & armaments: es responsable del diseño, desarrollo y producción de vehículos de combate, municiones, sistemas de artillería, cañones navales y lanzadores de misiles. Es una de las empresas más importantes del mundo en este mercado. Creada en 2005, con sede en Virginia, Estados Unidos [17]. En la figura 9, se puede observar el DAFO de esta empresa, donde destaca la experiencia laboral y los futuros contratos que nos garantizarían su contratación. Sin embargo, no disponer de fábricas en España es un aspecto limitante para la logística.

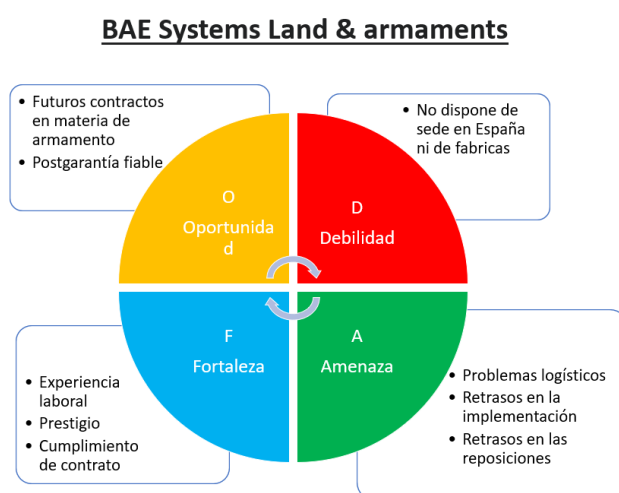


Figura 9: DAFO (BAE Systems Land & armaments). Fuente: Elaboración propia.

2. UROVESA (URO, Vehículos Especiales, S.A.): es una empresa cuya actividad principal es el diseño, fabricación y comercialización de vehículos especiales todoterrenos para uso militar y/o industria. Sus equipos y piezas de repuesto es también una de las principales actividades de la empresa. Sus clientes son: Ministerio de Defensa de España y otros ejércitos de hasta 22 países, en Europa, África, Medio Oriente, Asia y Latinoamérica [16]. Actualmente, UROVESA ha formalizado un contrato con el Ministerio de Defensa para el suministro de hasta 700 VAMTAC, por un importe de 146,3 millones de euros [18]. En la figura 10, se puede observar el DAFO de esta empresa, donde destaca la experiencia laboral y que dispone de sede en España. Sin embargo, al disponer de una única fábrica en Galicia, supondría un elevado coste de implementación.

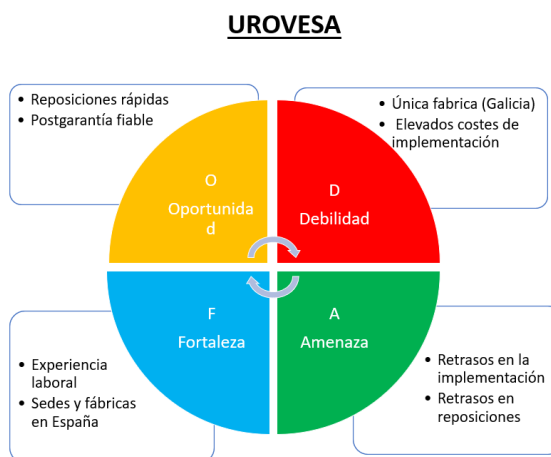


Figura 10: DAFO (UROVESA). Fuente: Elaboración propia.

3. Santa Bárbara Sistemas: es un contratista de defensa con sede central en Madrid, España. Está integrada dentro del Grupo Europeo de Sistemas Terrestres de la empresa estadounidense General Dynamics⁵ [19]. Las líneas de negocio principales de Santa Bárbara Sistemas son: vehículos blindados (Pizarro, BMR, VEC, etc.), vehículos especiales y anfibios, sistemas de armas, municiones y misiles (LAG 40, Browning M2, misil Antitanque Spike, etc.) e investigación y desarrollo (I+D). Actualmente, destaca su colaboración en el programa del vehículo de combate sobre ruedas, 8X8 Dragón del ET. En la figura 11, se puede observar el DAFO de esta empresa, donde destaca la ubicación de las diferentes fábricas por el territorio español. Sin embargo, la dependencia con una empresa extranjera, es un factor de riesgos a analizar.



Figura 11: DAFO (Santa Bárbara Sistemas). Fuente: Elaboración propia.

⁵ General Dynamics: es un conglomerado de empresas estadounidense del sector aeroespacial y militar, fruto de la fusión de numerosas compañías. En 2012 se situó como el quinto mayor contratista de defensa del mundo por ingresos [19].

-Decisión de contratación: tras el análisis de los diferentes licitadores, utilizando la metodología DAFO, se propone contratar a la empresa “Santa Bárbara Sistemas o similar”. Esta decisión se debe principalmente al cumplimiento de los siguientes aspectos:

- Experiencia en proyectos similares (BMR o Dragón)
- Empresa con sede en Madrid y fábricas en Madrid, Granada, Sevilla y Oviedo.
- Prestigio que garantice la realización del proyecto: Está integrada dentro del Grupo Europeo de Sistemas Terrestres de la empresa estadounidense General Dynamics.
- Garantía de cumplimiento del contrato (requisitos técnicos, requisitos de diseño, presupuesto, plazos de entrega y posgarantía): colabora en el proyecto más importante de la actualidad del ET, vehículo de combate sobre ruedas, 8X8 Dragón.

Los aspectos mencionados anteriormente fueron clave en la decisión de contratación a la empresa Santa Bárbara Sistemas para la fabricación e implementación de un sistema motorizado para el transporte de la munición a la torreta del VAMTAC.

• **Control del contrato**

Durante la fase de fabricación e implementación del sistema de alimentación, se llevarán a cabo reuniones de seguimiento con el fin de garantizar con éxito el cumplimiento del contrato. En estas reuniones de seguimiento, se realizarán diferentes pruebas de control, donde cabe mencionar:

-Pruebas de mecánicas: Se realizarán pruebas de esfuerzo a las diferentes piezas fabricadas para cumplir con los requerimientos técnicos y operativos necesarios. Los resultados de las pruebas tendrán que ser presentados en dichas reuniones para certificar el cumplimiento de los requisitos durante la fabricación.

-Prueba de montaje y funcionamiento: Se realizarán prueba de montaje, donde se implementarán los primeros sistemas de alimentación fabricados en los VAMTAC (Fase 0 de la gestión de implementación). Estas pruebas de montaje, se efectuarán a modo de prueba para comprobar que las piezas fabricadas cumplen con las dimensiones y son montados en las posiciones predeterminadas. Las pruebas de funcionamiento, se efectuarán en la fase 0 de la implementación, con la finalidad de verificar los requisitos mecánicos y operativos fijados en el apartado 3.

-Control de plazos de entrega: Estos controles se realizarán con la finalidad de verificar el cumplimiento de los plazos de entrega fijados, para cada una de las fases determinadas en la gestión de implementación (Fase 0: Prototipos y controles de montaje y funcionamiento, duración un mes). Estos controles se realizarán 2 semanas antes de la finalización de cada fase, con el fin de poder realizar alguna medida correctiva o modificar la planificación temporal estipulada para cada fase (derivar parte de la demanda a otro taller, el cual disponga de menor carga de trabajo o ampliar alguna fase de implementación para un taller en concreto)

5. GESTIÓN DE IMPLEMENTACIÓN

La gestión de implementación es la fase de ejecución de un proyecto. En este proyecto consiste en la instalación del sistema de alimentación fabricado, en los diferentes VAMTAC presentes en las unidades de Infantería del ET.

Para la planificación de la implementación se ha ejecutado una hoja de ruta (véase Anexo D), donde se muestra los desplazamientos de los vehículos desde sus unidades de origen hasta la fábrica correspondiente y viceversa. Para ello, se ha llevado a cabo diferentes estudios:

-Número de VAMTAC en las unidades de Infantería: Mediante el Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejército (SIGLE), se ha obtenido el inventario de VAMTAC presentes en el ET. Sin embargo, tuvieron que aplicarse diferentes filtros para obtener el número de estos vehículos en la unidad de Infantería, ya que en dicho inventario se han encontrado los VAMTAC de otras armas (Caballería, Ingenieros y Transmisiones). Además, dentro de las unidades de Infantería, este vehículo tiene diferentes configuraciones, por tanto, tuvieron que aplicarse distintos filtros para obtener el correcto número de demandas presentes para el proyecto. En la tabla 4, se observa la demanda objeto de estudio de este proyecto.

| Unidad a abastecer | Ubicación del taller (Santa Bárbara) | Fase de ejecución | Distancia entre unidad-taller (Km) | Número de VAMTAC,s |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|
| BIMZ I/31 | Madrid | 1 | 15 | 20 |
| BIMZ II/31 | Madrid | 1 | 15 | 20 |
| RAC 4 | Madrid | 1 | 313 | 10 |
| BPAC I/4 | Madrid | 2 | 30 | 20 |
| BPAC I/4 | Madrid | 2 | 30 | 20 |
| RI 63 | Madrid | 2 | 630 | 40 |
| RI 47 | Madrid | 3 | 640 | 30 |
| BIMT I/62 | Madrid | 3 | 700 | 50 |
| TRELEG-2 | Sevilla | 1 | 220 | 10 |
| BIP I/6 | Sevilla | 1 | 210 | 10 |
| GREG-54 | Sevilla | 2 | 220 | 100 |
| BIMZ II/6 | Sevilla | 2 | 210 | 40 |
| RI 50 | Sevilla | 2 | 1400 | 10 |
| BRI X | Sevilla | 3 | 140 | 30 |
| BIMT 48 | Sevilla | 3 | 1500 | 40 |
| RI 9 | Sevilla | 3 | 1400 | 20 |
| TRELEG-1 | Granada | 1 | 260 | 10 |
| TERLEG 4 X | Granada | 1 | 180 | 20 |
| GREG-52 | Granada | 2 | 260 | 100 |
| TERLEG3/VII | Granada | 2 | 170 | 10 |
| TERLEG3/VIII | Granada | 3 | 170 | 10 |
| BPAC III/5 | Granada | 3 | 280 | 30 |
| RI 3 | Oviedo | 1 | 50 | 50 |
| RI 29 (BIMT I/29) | Oviedo | 2 | 380 | 40 |
| RI 45 | Oviedo | 2 | 300 | 40 |
| RI 69 | Oviedo | 3 | 380 | 30 |
| RICZM "AMÉRICA"66 | Oviedo | 3 | 440 | 10 |
| | | | TOTAL = 10543 | TOTAL = 820 |

Tabla 4: Análisis de la demanda objeto de estudio de este proyecto. Fuente: Elaboración propia.

-Distribución de la demanda: Para la distribución de la demanda se efectuaron diferentes análisis:

1. Análisis de las distancias entre las fábricas de Santa Bárbara (Madrid, Oviedo, Sevilla y Granada) y las unidades de Infantería: Análisis necesario para optimizar la logística en función de las capacidades de las fábricas y el número de unidades de su correspondiente zona de influencia, entendiendo como zona de influencia, las distintas unidades asignadas a cada fábrica por su distancia. En la tabla 4, puede observarse las distancias correspondientes entre las unidades de Infantería y la fábrica de Santa Bárbara asociada a la misma.

2. Número de VAMTAC de cada unidad: Este factor tuvo que tenerse en cuenta para realizar un reparto lo más equitativo posible en cada fábrica y así disponer de un volumen de trabajo similar. En la tabla 4, se observa el reparto de la demanda para cada fábrica y donde se extraen los siguientes datos:

- Fábrica de Santa Bárbara (Madrid): 210 VAMTAC
- Fábrica de Santa Bárbara (Sevilla): 260 VAMTAC

- Fábrica de Santa Bárbara (Granada): 180 VAMTAC
- Fábrica de Santa Bárbara (Oviedo): 170 VAMTAC

Estos datos muestran a priori un reparto de la demanda equitativo, sin embargo, entre la Fábrica de Sevilla y Granda hay una diferencia de la demanda de ochenta unidades. En caso de que la fábrica de Sevilla sufriera algún retraso en los plazos de entrega, se subsanarían mediante los controles de plazos de entrega mencionados en el apartado anterior. Donde se derivará parte de la demanda de la fábrica de Sevilla a la fábrica de Granada.

3. Distribución de la demanda en fases: La implementación del sistema de alimentación se va a realizar en cuatro fases, debido a las siguientes razones:

- Evitar colapsar las fábricas.
- Mantener un número de vehículos operativos en las diferentes zonas
- Controlar el proceso de implementación.

Por tanto, se proponen las siguientes fases de ejecución:

- Fase 0: Prototipos y controles de montaje y funcionamiento. Duración un mes
- Fase 1: Primeras unidades. Duración 3 meses
- Fase 2: Producción continua de unidades. Duración cuatro meses. Esta fase será variable en función del número de unidades asignadas y distancia de las unidades propietarias de los vehículos.
- Fase 3: Producción continua de las últimas unidades. Esta fase se caracteriza por el abastecimiento de las unidades más lejanas. Duración 4 meses. Esta fase será variable en función del número de unidades asignadas y distancia de las unidades propietarias de los vehículos.

En la tabla 4, se observa las diferentes fases asociadas a cada fábrica y las unidades correspondiente a cada fase. Por ejemplo, el RI 45 se ejecutará en la fase 2 de la fábrica de Oviedo.

Estos análisis se reflejan tanto en la figura 12 como en el anexo D, donde se detallan los datos de los apartados anteriores:

1. Unidad del ET propietaria de los vehículos
2. Fase de implementación asignada a dicha unidad.
3. Taller asignado a dicha unidad
4. Distancia entre taller y Unidad del ET
5. Número de Unidades aportadas por la Unidad del ET

En la figura 12 y en el anexo D, se observa una hoja de ruta donde muestra gráficamente los desplazamientos de los Vehículos desde las unidades de origen hasta el taller correspondiente para realizar la implementación. Estos desplazamientos están representados mediante flechas de diferentes colores, donde cada color indica el taller asignado a dicha unidad y el número de cada flecha representa en qué fase se va a ejecutar.

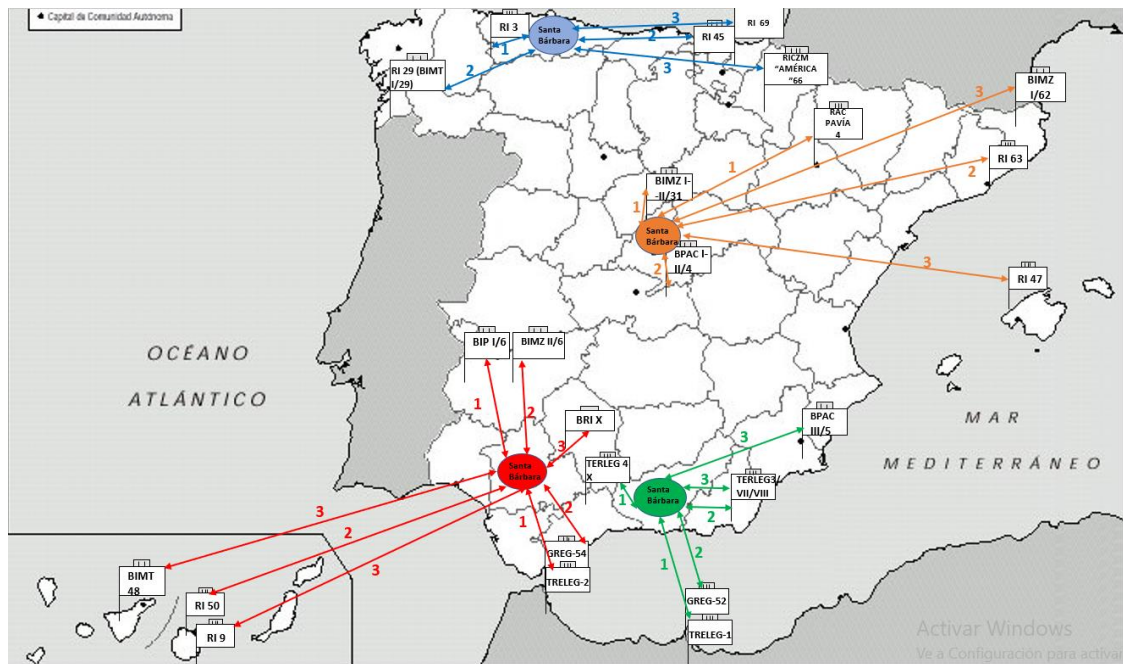


Figura 12: Hoja de ruta. Fuente: Elaboración propia.

6. GESTIÓN DE RIESGOS

La gestión de riesgos es fundamental para la correcta realización del proyecto. En este apartado se identificarán y clasificarán los riesgos, con el fin de gestionarlos. Además, se realizarán unas medidas de contingencia para reducir o eliminar, tanto la probabilidad como el impacto, que supondrían para el proyecto. Para ello, se ha realizado un análisis cualitativo de los riesgos, un análisis cuantitativo del Valor Monetario Esperado y una planificación de respuesta ante los diferentes riesgos analizados.

6.1. Análisis cualitativo: Risk Assessment Measure List

Previo al análisis cualitativo, se ha realizado una identificación de riesgos del proyecto denominado registro de riesgos o Risk Assessment Measure List (véase Anexo E). Este análisis ha permitido clasificar los riesgos según la probabilidad de ocurrencia y el impacto que supondría sobre el proyecto. De este registro, se han sacado los principales riesgos y sobre los cuales vamos a realizar los diferentes análisis y planes de contingencia. Estos riesgos son los siguientes:

- Diseño inadecuado del sistema.
- Incorrecta fabricación del sistema de alimentación por parte de la empresa subcontratada.
- Incumplimiento del presupuesto en la implementación del sistema.

6.2. Análisis cuantitativo: Valor Monetario Esperado

El análisis cuantitativo efectuado en este apartado ha sido realizado mediante la técnica del Valor Monetario esperado (VME). Esta técnica permite obtener un valor numérico de cada uno de los riesgos analizados. Además, en función de los valores obtenidos, podemos priorizar sobre los riesgos de mayor VME y así, realizar los planes de contingencia planeados sobre los riesgos que suponen mayor perjuicio sobre el proyecto. A continuación, se muestra una tabla con los VME de los riesgos analizados:

| RIESGOS | PROBABILIDAD | IMPACTO (€) | VME (€) (Probabilidad x Impacto) |
|---|--------------|---|-------------------------------------|
| Diseño inadecuado del sistema | 20% | 610536 <i>Véase anexo F</i> | 122107 |
| Incorrecta fabricación del sistema de alimentación por parte de la empresa subcontratada. | 15% | 610536 <i>Véase anexo F</i> | 91580 |
| Incumplimiento del presupuesto en la implementación del sistema | 10% | 421695 x 4 meses = 168680 <i>Véase anexo F</i> | 16868 |
| | | <i>TOTAL</i> | 230555 |

Tabla 5: Análisis cuantitativo. Fuente: Elaboración propia.

6.3. Planificación de respuesta al riesgo

Después de haber analizado los potenciales riesgos del proyecto, es preciso desarrollar un plan de contingencia para cada uno de los riesgos estudiados. Para ello, se proponen una serie de acciones preventivas y/o correctivas que permitan reducir o eliminar estas amenazas. Además, en caso de que estas medidas no resulten efectivas, se va a realizar una estimación del VME, que seguirían causando sobre el proyecto. Esto nos permite evaluar si es necesario seguir trabajando en otros planes de contingencia sobre dicho riesgo. A continuación, se detallan las medidas (preventivas y/o correctivas) que se han programado para los riesgos identificados.

-Diseño inadecuado del sistema (2H):

Existe la posibilidad que una vez fabricado el sistema de alimentación de la torreta del VAMTAC, se produzcan dos situaciones: En primer lugar, que las dimensiones de las piezas no hayan sido tomadas adecuadamente, y por, tanto, el sistema no sea funcional. En segundo lugar, cabe la posibilidad que el sistema de alimentación no tenga la capacidad de soportar las solicitaciones mecánicas durante su funcionamiento. Se ha analizado que este riesgo tiene un impacto alto (H) y una probabilidad de ocurrencia media (2).

La acción preventiva para evitar este riesgo es la realización de un cálculo exhaustivo en las medidas de diseño y en los cálculos mecánicos. Además, con la ayuda del personal de mantenimiento de la Unidad, se efectuarán pruebas tanto de montaje del sistema como de funcionamiento.

Si no fue posible realizar esta medida preventiva, habría que realizar una medida correctiva lo que supondría un coste elevado. El VME de este riesgo se estima en 610536 € o la cancelación del proyecto debido a la falta de capital.

- Incorrecta fabricación del sistema de alimentación por parte de la empresa subcontratada (2M):

La incorrecta fabricación del sistema de alimentación por parte de la empresa a subcontratar, podría causar frecuentes rupturas de las piezas del sistema y por consiguiente la inoperatividad del vehículo. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia media (2) y un impacto medio (M).

La medida preventiva empleada será la realización de ensayos mecánicos en las primeras unidades fabricadas.

En caso de no poder efectuar esta medida, el sistema de alimentación sería implementado en los vehículos, causando numerosos fallos mecánico y un elevado sobre coste. Esto supondría un VME de 610536 € o la cancelación del proyecto debido a la falta de capital.

- Incumplimiento del presupuesto en la implementación del sistema (2M)

Cabe la posibilidad de un inadecuado cálculo en el presupuesto para la implementación del sistema alimentación. Este riesgo puede producirse por la necesidad de mayor número de personal y más horas de trabajo de las planeadas. Este riesgo que tiene una probabilidad media (2) y un impacto medio (M) sobre el proyecto.

La acción preventiva para evitar este riesgo, es realizar pruebas del tiempo necesario para armar cada sistema de alimentación, y así determinar el personal y el tiempo necesario.

Si no fuese efectiva esta medida, se derivaría parte del trabajo de implementación a otros talleres del ET. Esto causaría un VME de 168680 € y la necesidad de una inyección de capital.

7. GESTIÓN DE COSTES

En este apartado se analiza el desglose de costes efectuado en el anexo F. Estos costes recogen el presupuesto necesario para llevar a cabo el diseño e implementación de un sistema motorizado para transportar la torreta del VAMTAC. Para el cálculo de los diferentes costes (costes de materia prima, diseño, implementación y riesgos) se han tenido en cuenta históricos de otros proyectos [17] y las condiciones del mercado actuales (estudio de mercado). Sin embargo, ante la falta de información de algunos apartados (sueldo del personal) se ha utilizado la técnica de estimación por analogía para realizar dichos cálculos.

En primer lugar, se han calculado los costes de materia prima necesarios, donde se incluyen las piezas que forman el sistema de alimentación (motor, cadena de transmisión, reductora, etc.) para abastecer a la demanda del proyecto (Anexo D: 820 VAMTAC). Este cálculo se ha efectuado mediante estudio de mercado e históricos de otros proyectos [17], dando lugar a un coste total en materia prima de 261500 €, incluyendo cien repuestos de cada pieza demandada. En la tabla 6, puede observarse un desglose del coste de la materia prima.

| TIPO DE COSTE | ACTIVIDAD | CANTIDAD | COSTE UNITARIO | Nº UNIDADES (VAMTAC,S) | COSTO TOTAL (€) |
|---------------|-----------------------------|----------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| MATERIA PRIMA | Motorreductor | 1 | 125 | 820 | 125× 820 Unds. = 102500 |
| | Engranaje | 2 | 18 × 2 = 32 | 820 | 32 × 820 Unds. = 26240 |
| | Cadena de transmisión | 1 | 90 | 820 | 90 × 820 Unds. = 73800 |
| | Anclaje | 1 | 5 | 820 | 5 × 820 Unds. = 4100 |
| | Soporte engranaje | 1 | 12 | 820 | 12 × 820 Unds. = 9840 |
| | Límite de avance | 1 | 2 | 820 | 2 × 820 Unds. = 1640 |
| | Tornillos motor | 4 | 3 × 4=12 | 820 | 12 × 820 Unds. = 9840 |
| | Tornillos soporte engranaje | 4 | 3 × 4=12 | 820 | 12 × 820 Unds. = 9840 |
| | Repuestos | 1 | (72+32+90+5+12+2+12+12) = 237 | 100 | 100 x 237 = 23700 |
| | | | | | |

Tabla 6: Desglose de coste (materia prima). Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se ha calculado el coste de diseño, en este caso únicamente se ha indicado como coste, el sueldo del Caballero Alférez Cadete Jorge Soriano García (1000 €), puesto que ha sido él quien ha realizado el diseño.

En tercer lugar, el coste de implementación (944680 €), está formado por el coste del personal de Santa Bárbara (506040 €), el beneficio de la empresa (108762 €, 15% sobre el coste de las fábricas) y el coste de traer los vehículos desde las distintas unidades a las fábricas (110838 €). Los costes del personal de Santa Bárbara han sido calculados por estimación análoga debido a la falta de información en este ámbito. El beneficio de la empresa contratada fue determinado gracias a la entrevista realizada al Ingeniero Naval, el cual dispone de experiencia laboral en proyectos similares. Mientras que el coste de traer los vehículos a las fábricas, se calculó matemáticamente teniendo en cuenta los siguientes datos: kilometraje, precio del diésel, consumo del VAMTAC y comisiones al personal militar encargado del transporte. En la tabla 7, puede observarse un desglose del coste de la implementación.

| TIPO DE COSTE | ACTIVIDAD | CANTIDAD | COSTE UNITARIO | Nº UNIDADES (VAMTAC,S) | COSTO TOTAL |
|----------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--|
| | Ingeniero | 1 | 3000 | 12 meses | 3000 x 12 meses x 4 fabricas = 144000 |
| | Oficial de obra | 1 | 1900 | 12 meses | 1900 x 12 meses x 4 fabricas = 91200 |
| | Peon de obra | 4 | 1100 | 12 meses | 1100 x 12 meses x 4 fabricas = 52800 |
| | | | | | TOTAL (personal Santa Bárbara) = 506040 |
| IMPLEMENTACIÓN | | | | | TOTAL (fabricas) = 261500+506040 = 767540 |
| | Beneficio de Santa Bárbara Sistemas | | 15% | | 115131 |
| | Kilometraje | 105545 (véase anexo D) | 1,2 | | $((105545 : 100) \times 15L/100) \times 1,2 = 18998$ |
| | Dietas conductores | 2 | 28 x 2 conductores = 56 | | 56 X 2 días x 820 vehiculos = 91840 |
| | | | | | TOTAL IMPLEMENTACIÓN = 944680 |

Tabla 7: Desglose de coste (implementación). Fuente: Elaboración propia.

Por último, se ha calculado el impacto (coste en caso de producirse) que supondría los riegos analizados en el anterior apartado. Los tres riegos analizados supondrían un coste de 230555 € para el proyecto.

8. CONCLUSIONES

El vehículo todoterreno VAMTAC, gracias a la posibilidad de acoplar ametralladoras tanto de calibre 12.70 mm como 7.62 mm, supone el mayor incremento de la potencia de fuego para el Batallón de Infantería Motorizada (BIMT). Esto motiva la gran importancia que adquiere el desarrollo de sistemas que subsanen las debilidades del presente sistema de alimentación manual. La necesidad de implementar un sistema que facilitase y agilizase el proceso de alimentación ha sido el objeto de estudio y la motivación de este proyecto, con el objetivo de reducir al máximo el tiempo de alimentación. El trabajo se centra en el diseño y planificación de la implementación de un sistema de alimentación semiautomático para transportar la munición a la torreta del VAMTAC.

Con el objetivo de subsanar las vulnerabilidades presentes en el actual sistema, nació la necesidad de realizar este proyecto. Primero, se exploró la posibilidad de implementar en el VAMTAC el sistema de alimentación de otros vehículos, pero tras las entrevistas con el personal especializado en la materia, se observó la imposibilidad de llevarlo a cabo, y eso motivó a hacer un diseño propio. Para la elaboración del diseño, tuvieron que recopilarse los requisitos técnicos y operativos del sistema. Posteriormente, se realizaron los cálculos mecánicos correspondientes para dimensionar y seleccionar los elementos del sistema. Una vez analizada la viabilidad del mismo, se diseñaron las piezas mediante un programa CAD. Además, se ha realizado un AMFE de diseño en el que se concluyó que el fallo más relevante está relacionado con la rotura de la cadena de transmisión y se propuso la acción preventiva correspondiente.

El sistema diseñado se compone de una cadena de transmisión que se acciona por medio de un motor eléctrico y sirve para elevar la munición, la cual irá engarzada a la cadena en cintas de 100 cartuchos. Este sistema permite al operador disponer de munición sin la necesidad de abandonar su puesto. El diseño propuesto permite disminuir sustancialmente el tiempo empleado para alimentar la ametralladora.

Además, en este proyecto se ha planificado la adquisición e implementación del sistema de alimentación en los VAMTAC presentes en la Unidades de Infantería del ET. Se muestra necesaria la contratación de una empresa externa para la fabricación del sistema y su posterior implementación. Para la elección de dicha empresa, se ha realizado un análisis DAFO de las distintas empresas candidatas, y tras dicho análisis se determinó la más idónea.

Las vulnerabilidades del presente sistema de alimentación podrían haberse abordado de diferente manera. Otra forma de resolver la hipótesis de este proyecto habría sido el diseño de un sistema formado por un cargador (donde se almacenaría la munición), una cinta elevadora de la munición y sus correspondientes engranajes. Este cargador iría situado en el afuste de la torreta y su función principal sería abastecer de manera continuada a la ametralladora de la torreta. La principal diferencia con el diseño propuesto en este trabajo es la presencia de este cargador, el cual evita, la implicación del operador para realizar la alimentación y, por consiguiente, se eliminaría el tiempo necesario para la alimentación.

La línea futura que podría seguir este proyecto sería la fabricación e implementación del sistema diseñado, tanto en los VAMTAC del resto de armas, como la implementación en otros vehículos de características similares, como en el BMR. La metodología propuesta en este trabajo es aplicable y extensible a dichos escenarios.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manuel Álvarez. *Análisis Modal de Fallos y Efectos*. Edición diciembre de 2016. Lugar de publicación: Createspace independent, 2014. ISBN 9781505567458.
- [2] Christophe Speth. *EL ANÁLISIS DAFO: Los secretos para fortalecer tu negocio*. Edición abril de 2016. Lugar de publicación: 50Minutos.es, 2016. ISBN 9782806274540.
- [3] Vargas Correa, Yina Paola. VALOR MONETARIO ESPERADO. En: *Gerencia de proyectos*. 11 de abril de 2011. [consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://ceresegp.blogspot.com/2011/04/valor-monetario-esperado.html#:~:text=Es%20el%20promedio%20o%20resultado,sumados%20hasta%20llegar%20al%20EMV>
- [4] *contrataciondelestado.es* [en línea] [consulta: 13 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/8e72f87b-8dff-47e4-a8a2-83d8d3b2b116/DOC20170602100918PPT.pdf?MOD=AJPERES>
- [5] Mando de Adiestramiento y Doctrina, MT-029 URO VAMTAC: Manual de operador y mantenimiento primer escalón. Ministerio de Defensa, 2019
- [6] Aguilar Olivencia, Mariano. Pegaso BMR 600. *defensa* [en línea]. 2018, nº14 [consulta: 22 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.defensa.com/ayer-noticia/pegaso-bmr-600>
- [8] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Manual técnico, vehículo BMR: MOD. 3562.03, tomo 2 (Difusión limitada). Ministerio de Defensa, 2002
- [9] Admin. RG-31 MK5E del Ejército de tierra. *defensa* [en línea]. 2019, nº18 [consulta: 22 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.defensa.com/galeria/rg-31-mk5e-del-ejercito-tierra/>
- [10] *ARMADAESPAÑOLA* [en línea] [consulta: 22 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquesinfanteria/prefLang-es/05material-armamento-infanteria-marina--02vehiculosasaltoanfibia>
- [10] *WayBackMachine* [en línea] [consulta: 23 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20060603023758/http://www.hqmc.usmc.mil/factfile.nsf/0/adeb1da833ced848852562b30060c5ab?OpenDocument>
- [11] *MOTORES-ELÉCTRICOS.ES* [en línea] [consulta: 10 de octubre 2020]. Disponible en: <https://www.motores-electricos.es/es/conjuntos-motorreductor/3662-1451-conjunto-motor-reductor-monofasico-009kw-012cv-.html#/24-bridab5>
- [12] *Ingemecánica* [en línea] [consulta: 1 de octubre 2020]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn127.html>
- [13] *Rs components* [en línea] [consulta: 1 de octubre 2020]. Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/engranajes-dentados/1827839>
- [14] *FN HERSTAL* [en línea] [consulta: 2 de octubre 2020]. Disponible en: <https://www.fnherstal.com/en/products/machine-guns>

- [15] Miravete, Antonio “y otros”. *Los transportes en la ingeniería industrial*. Edición abril de 2002. Lugar de publicación: Reverté, S.A. Loreto, Barcelona, 1998. ISBN 84-921349-5-X
- [16] *SISMEC* [en línea] [consulta: 3 de octubre 2020]. Disponible en: <http://www.sismec.com/docs/cadenas/rodillos/transmision/transmision.pdf>
- [17] Colaboradores de Wikipedia. BAE Systems Land & Armaments [en línea]. En: Wikipedia la enciclopedia libre. [consulta: 4 de octubre 2020]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/BAE_Systems_Land_%26_Armaments#Products
- [18] *UROVESA* [en línea] [consulta: 3 de octubre 2020]. Disponible en: <https://urovesa.com/>
- [19] Carrasco, Bernardo. UROVESA firma con Defensa el contrato para suministrar 700 VAMTAC. *Infodefensa* [en línea]. 2020, nº22 [consulta: 28 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/es/2020/07/20/noticia-urovesa-cierra-defensa-contrato-hasta-vamtac-millones.html>
- [20] Colaboradores de Wikipedia. Santa Bárbara Sistemas [en línea]. En: Wikipedia la enciclopedia libre. [consulta: 6 de octubre 2020]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Santa_B%C3%A1rbara_Sistemas#Armas_y_sistemas
- [21] Colaboradores de Wikipedia. General Dynamics [en línea]. En: Wikipedia la enciclopedia libre. [consulta: 6 de octubre 2020]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/General_Dynamics

ANEXO A: Entrevistas

En este anexo se van a exponer las diferentes entrevistas realizadas, con el fin de extraer la información y requisitos necesarios para afrontar con éxito mi proyecto. Estas entrevistas fueron realizadas tanto al personal del RI "Garellano" 45 como a ingenieros especializados en la materia.

B.1 Entrevista realizada al Teniente D. Alberto Cebollero

1. Como Teniente Jefe de Sección, ¿cómo organiza usted la Instrucción y Adiestramiento de sus vehículos? ¿Y más concretamente, la instrucción de los tiradores del VAMTAC?

La Instrucción y adiestramiento de los VAMTAC del RI 45 se encuentra muy limitada debido a dos aspectos: En primer lugar, la falta de vehículos, únicamente disponemos en plantilla orgánica de cuarenta vehículos, de los cuales el 30 por ciento aproximadamente se encuentran inoperativos. En segundo lugar, el acuartelamiento de Soyeche dispone de un campo de maniobras insuficiente para la instrucción de los vehículos, por tanto, dicha instrucción tiene que realizarse en otros campos de maniobras.

Respecto a la segunda pregunta, la instrucción de los tiradores del VAMTAC, se realiza una vez dispongan de los conocimientos teóricos (montaje/desmontaje de la ametralladora, solventar pequeñas interrupciones, etc.). Posteriormente se realizan ejercicios de tiro en las zonas propiamente autorizadas y finalmente, se realiza la instrucción de la sección al completo con un ejercicio de fuego real donde los VAMTAC son los elementos de apoyo de la Sección.

2. ¿Qué opinión tiene usted sobre el sistema de alimentación de la torreta del VAMTAC? ¿Crees necesario realizar alguna modificación en este sistema?

Se trata de un sistema de alimentación manual, por tanto, presenta una serie de desventajas como la inoperatividad del vehículo durante la alimentación de la torreta.

Sí, creo que el VAMTAC tiene todavía una vida útil alta y respecto al sistema de alimentación se encuentra en desventaja respecto a otros vehículos (RG-31, sistema de alimentación manual y control de la ametralladora desde el interior del vehículo)

3. ¿Cuáles serían las principales ventajas de disponer en estos vehículos de un sistema de alimentación automático?

Mayor tiempo de la operatividad del vehículo, lo que se traduce en mayor movilidad y fuego continuo.

4. ¿Cuánto tiempo cree usted que tardaría en implementarse este sistema una vez ya fabricado, en los vehículos VAMTAC que se encuentran actualmente en la plantilla orgánica de las Unidades de Infantería del Ejército de Tierra?

La verdad que desconozco la respuesta pero sería realizar un estudio de: número de solicitudes (VAMTAC), capacidad de las fábricas para implementar el sistema y analizar el tiempo necesario para realizar las pruebas y prototipos.

B.2 Entrevista realizada al Subteniente Cortes, jefe de mantenimiento del RI 45**1. Como jefe de mantenimiento del Regimiento, ¿Considera que el VAMTAC dispone de un adecuado sistema de alimentación, para las necesidades de combate actuales?**

No, este vehículo fue diseñado después que el BMR y aun así posee un sistema de alimentación inferior en cuanto a tecnología. En mi opinión este vehículo debería de disponer de un sistema similar al del RG-31 con alimentación y control automática desde el interior del vehículo para así obtener el menor número de bajas en combate y un menor tiempo de inoperatividad del vehículo.

2. ¿Cree usted que otros vehículos del ET poseen algún sistema de alimentación más avanzado tecnológicamente? ¿Podría implementarse el sistema de alimentación de la torreta del RG-31 en el VAMTAC? En caso negativo, ¿Podría argumentarme las razones?

Como he contestado anteriormente, existen vehículos con sistemas más avanzados como puede ser el BMR, RG-31 y actualmente lo más puntero del ET son los sistemas del Dragón que aún no están cien por cien definidos, pero estoy seguro que contará con un sistema de alimentación de la torreta automático.

No, no creo que sea posible instalar el sistema de alimentación del RG-31, principalmente porque cuenta con un modelo de ametralladora diferente, la cual no necesita la acción del operador para municionarla. Para poder instalar este sistema sería necesario cambiar la ametralladora, y además realizar un nuevo dimensionamiento del sistema.

3. Una vez desarrollado el proyecto del sistema ¿Cuánto tiempo cree usted que tardaría el ET en implementar dicho sistema en los vehículos existentes en la plantilla orgánica del ET?

Depende de muchos factores como pueden ser la empresa subcontratada, porque no es lo mismo que lo realice UROVESA, que posee una única fábrica en Galicia a que lo realice Santa Bárbara que tiene varias fábricas distribuidas por España.

4. ¿Cómo creé que sería la manera más eficaz de implementar este sistema, en la plantilla orgánica el ET? ¿Por Regimientos (simultáneamente todos los Regimientos) y dentro de cada regimiento en dos fases?

La más eficaz sería llevar todos los vehículos a las fábricas y contratar mucha gente, pero sinceramente en una gestión de implementación de estas dimensiones y considerando que el ET tiene la obligación de mantener un mínimo de efectivos operativos, creo que la mejor manera sería por fases. Estas fases deberían organizarse según zonas de acción, es decir, no dejar todo el Norte de España sin vehículos sino realizar fases dentro de cada zona.

B.3 Entrevista realizada a D. José María Soriano Gómez, Ingeniero Naval con experiencia laboral en Navantia⁶.**1. Como Ingeniero Naval y con experiencia en el ámbito de defensa, ¿Considera viable la implementación de un sistema motorizado para transporte de la munición a la torreta del VAMTAC? ¿Cree usted que el espacio en el interior del vehículo podría ser un problema?**

La implementación de un sistema motorizado para transporte de munición a la torreta VAMTAC es absolutamente viable, ya que toda acción repetitiva es susceptible de mecanizar como se ha demostrado en la evolución industrial de muchos sectores.

¿Espacio en el vehículo, un problema? Para nada, como Ingeniero Naval en las distintas fases del proyecto, tanto básico como de detalle, nos encontramos con problemas similares de tener que

⁶ Navantia: es una sociedad pública española dedicada a la construcción naval civil y militar creada en 2005

añadir distintos elementos que las nuevas Regulaciones que se van implantando obliga a incorporar a las unidades existentes, y se acaba encontrando espacio. Requerirá de un estudio exhaustivo, que acabará con éxito.

- 2. ¿Cuáles serían los riegos de diseño más comunes en estos sistemas? Un error muy común es el encasquillamiento de la cinta que transporte la munición en los engranajes. ¿Cree usted que con un buen nivel de lubricación sería suficiente o sería necesario también un cálculo de la fuerza transversal que sufre la cinta o la caja de munición debido al movimiento del vehículo?**

Normalmente estos sistemas innovadores, requieren de prototipos de prueba para ajustar cada uno de sus elementos, y es ahí en la prueba del prototipo donde pueden aparecer los potenciales problemas. Además de un buen sistema de lubricación se debe implementar un sistema suficientemente elástico de guía de la cinta que absorba los movimientos bruscos del vehículo en su trayectoria, hoy en día estos amortiguadores elásticos están muy desarrollados en todo el sector industrial, en el naval en particular se usan en múltiples sistemas para evitar que las vibraciones de los equipos motorizados, se transmitan a la estructura del barco con todos los inconvenientes que ello tiene.

- 3. Si usted fuera el encargado de la gestión de adquisición de dicho sistema, ¿Con que empresas contactaría? ¿Qué porcentaje de beneficio se importaría una empresa por llevar a cabo el diseño e implementación de un proyecto de estas características?**

En primer lugar, se debe desarrollar un proyecto técnico, tanto básico como de detalle, para facilitar su implantación. Con una buena información técnica la elección de una empresa u otra no es tan determinante, se debe seleccionar empresas consolidadas en el sector que dispongan de experiencia en este tipo de trabajos, es decir se debe evidenciar que disponen de herramientas y personal con experiencia en estos trabajos.

Un proyecto con estas características rondaría entre un 10-20 % de beneficio para la empresa subcontratada

- 4. Si usted fuera el encargado de la gestión de implementación del sistema de alimentación de todos los vehículos de la plantilla orgánica del ET. ¿Subcontrataría a una empresa para implementar dicho sistema o lo realizaría internamente con los talleres propios del ET?**

La decisión de realizar la implementación del sistema de alimentación de todos los vehículos, dependerá más del análisis de plazos necesarios y disponibilidad de personal. Entiendo que la plantilla del ET, existe porque existen unas necesidades. Este trabajo, es un trabajo excepcional y por ello, es un trabajo adicional para el personal de plantilla y por tanto el hacerse cargo de este trabajo seguro que supondría una falta de atención de sus obligaciones habituales. Sin embargo, también hay que considerar el coste que esto supondría y si sería viable respecto al presupuesto acordado con el Ministerio de Defensa para la realización del proyecto. Por todo ello, considero que habría que realizar un análisis de plazos de entrega y de presupuesto para tomar esta decisión.

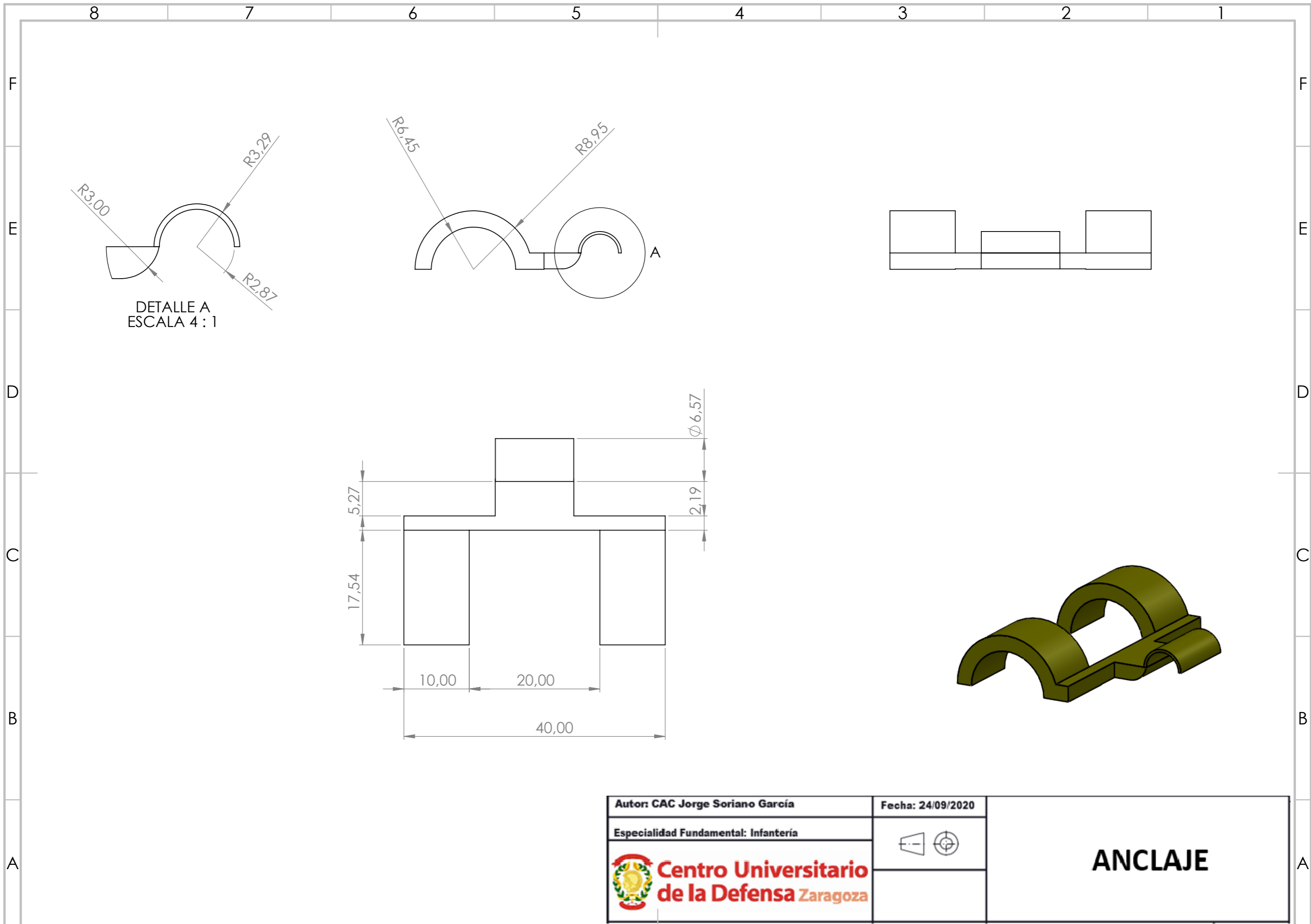
- 5. ¿Cómo creé que sería la manera más eficaz de implementar este sistema, en la plantilla orgánica el ET? ¿Por Regimientos (simultáneamente todos los Regimientos) y dentro de cada regimiento en dos fases?**



Esta pregunta se sale un poco de mi ámbito, por la ausencia de información tanto en el número de vehículos en cada Unidad y en los talleres disponibles para el montaje de dicho sistema. No obstante, cuando hablamos de implementar un nuevo sistema se suele realizar por fases. Esto se debe principalmente por las siguientes razones: Falta de mecánicos, ausencia de abastecimiento simultaneo, ausencia de todos los medios durante el periodo de implementación, etc.

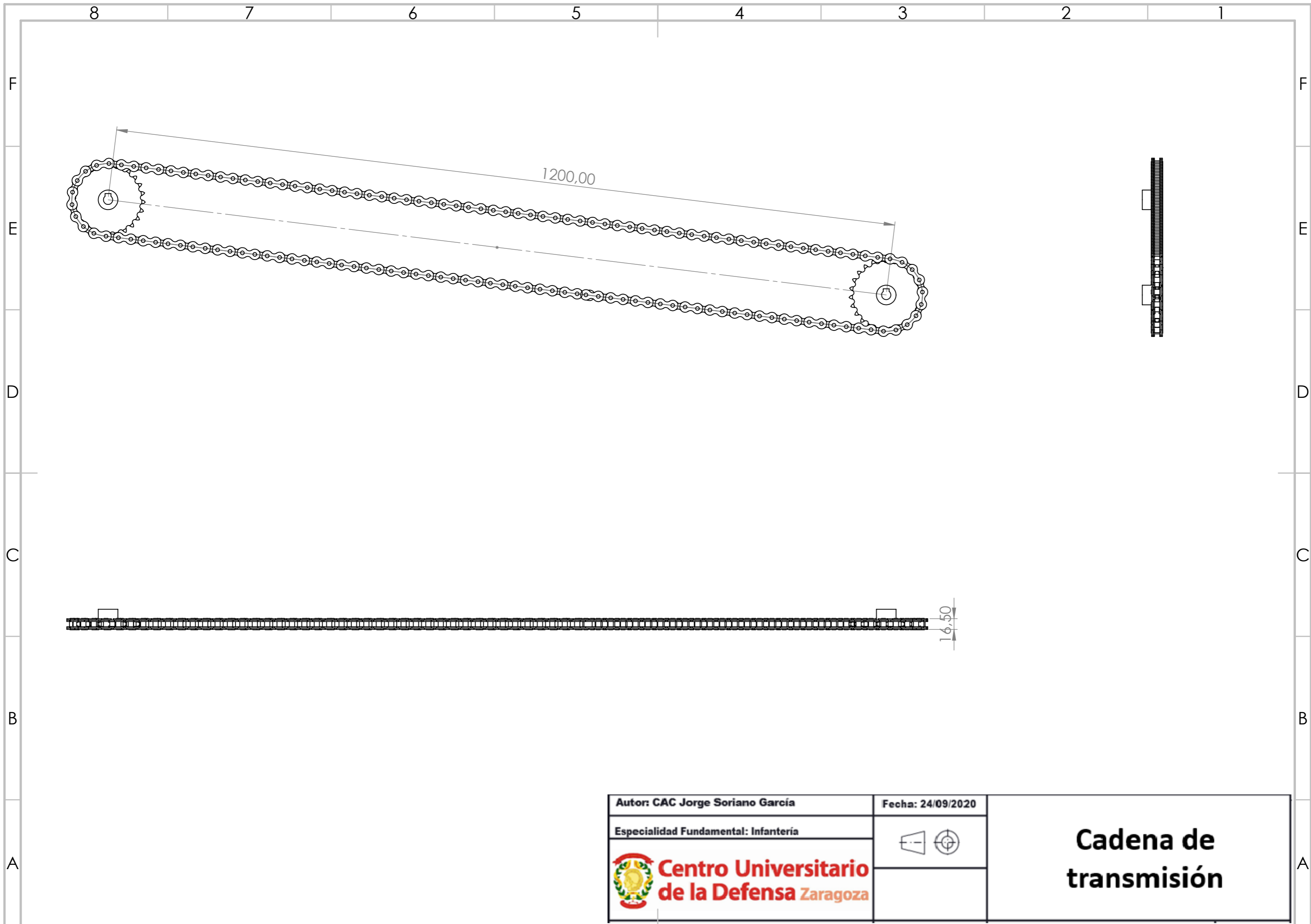
**ANEXO B:
AMFE DE DISEÑO**


| AMFE Análisis Modal de Fallos y Efectos | | | | | | | | | | | | Fecha realización | | 27/10/2020 | | |
|---|--------------------------------|---|---|---------------------|---|------------|-------------------------------------|---------------|-----|---|--|--------------------|----------|------------|-----------|-----|
| Proceso: | | Diseño e implementación de un sistema motorizado para transporte de la munición a la torreta del VAMTAC | | Tipo de AMFE | | X Sistema | | X Diseño | | Proceso | | Fecha revisión | | | | |
| Coordinador: CAC SORIANO | | | | Equipo realización: | | | | Sección: 412 | | | | | | | | |
| Estado actual | | | | | | | | | | | | Situación mejorada | | | | |
| Nr. | Pieza / proceso | Modo de fallo | Efecto del fallo | Gravedad (G) | Causa del fallo | Ocurrencia | Detección | Detección (D) | NPR | Medidas sugeridas | Responsable | Medidas | Gravedad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| 1 | Soporte de la caja de munición | No producir el efecto deseando: no sujetar a la caja de munición y se produzca su desplazamiento o vuelco | Descarrilamiento de la cadena de transmisión | 8 | Fallo de diseño (dimensiones) | 2 | Pruebas de montaje y funcionamiento | 4 | 64 | Simulación de montaje en el predimensionamiento | CAC Soriano | | 8 | 1 | 2 | 16 |
| 2 | Soporte del engranaje | Desplazamiento del engranaje | Descarrilamiento de la cadena de transmisión | 8 | Fallo de diseño (dimensiones) | 2 | Pruebas de funcionamiento | 5 | 80 | Simulación de funcionamiento en las Fabricas de Santa Bárbara | Santa Bárbara Sistemas | | 8 | 1 | 3 | 24 |
| 3 | Reductora | Incorrecto dimensionamiento del ancho del diente o del paso circular | Inoperatividad del sistema de transmisión | 9 | Interferencias entre reductora y cadena del transmisión | 3 | Pruebas de montaje y funcionamiento | 3 | 81 | Simulación de funcionamiento en las Fabricas de Santa Bárbara | CAC Soriano(diseño) o Santa Bárbara Sistemas (fabricación) | | 9 | 2 | 1 | 18 |
| 4 | Anclaje | Incorrecto dimensionamiento | La munición no es trasportada de forma motorizada | 9 | ilnademado dimensionamiento | 3 | Pruebas de montaje | 1 | 27 | Simulación de montaje en el predimensionamiento | CAC Soriano(diseño) o Santa Bárbara Sistemas (fabricación) | | 9 | 1 | 1 | 9 |
| 5 | Cadena de transmisión | Rotura | Inoperatividad del sistema de transmisión | 10 | Inadecuado calculo de sollicitación mecánica | 2 | Pruebas de funcionamiento | 5 | 100 | Pruebas de esfuerzo en las fábricas de Santa Barbaray su correspondiente informe de verificación. | CAC Soriano | | 10 | 1 | 2 | 50 |
| 6 | Motor | Insuficiente potencia | La munición no es trasportada de forma motorizada | 8 | Inadecuado calculo de sollicitación mecánica | 2 | Pruebas de funcionamiento | 4 | 64 | Simulación de funcionamiento en las Fabricas de Santa Bárbara | CAC Soriano | | 8 | 1 | 3 | 24 |

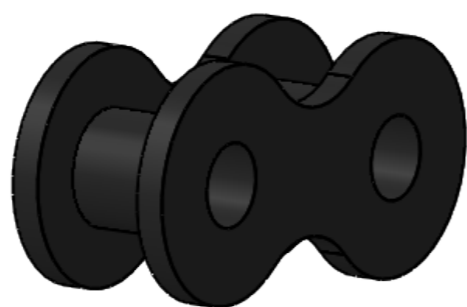
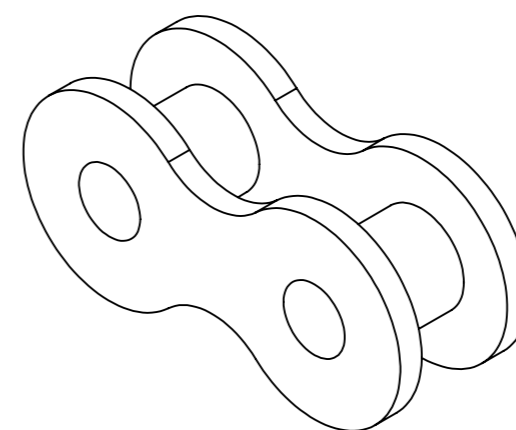
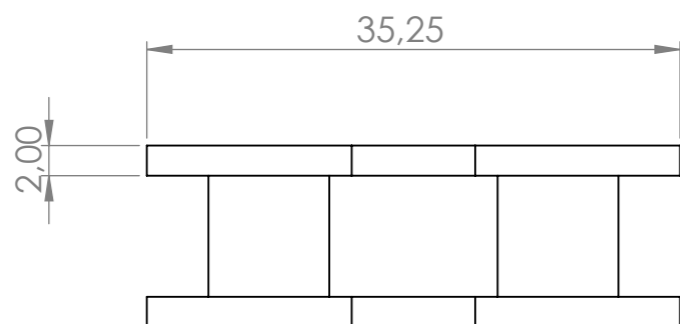
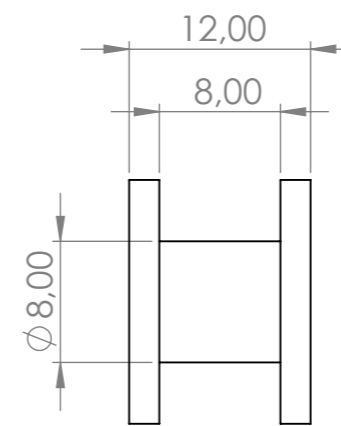
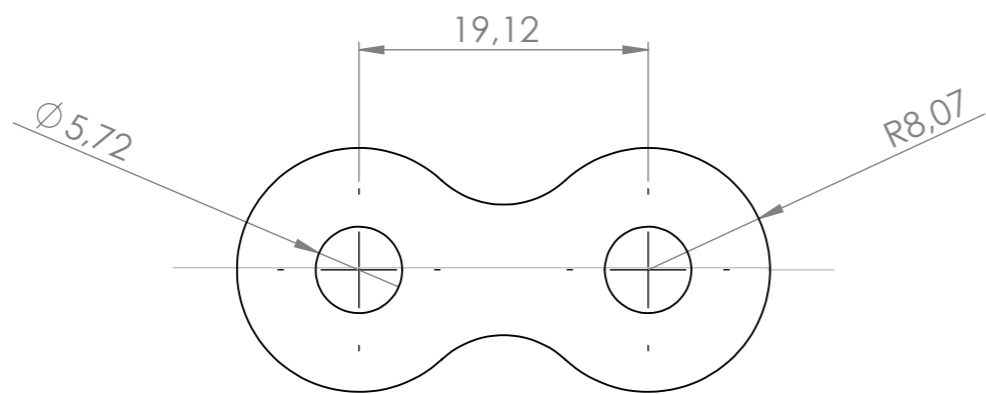
**ANEXO C:
PLANOS**




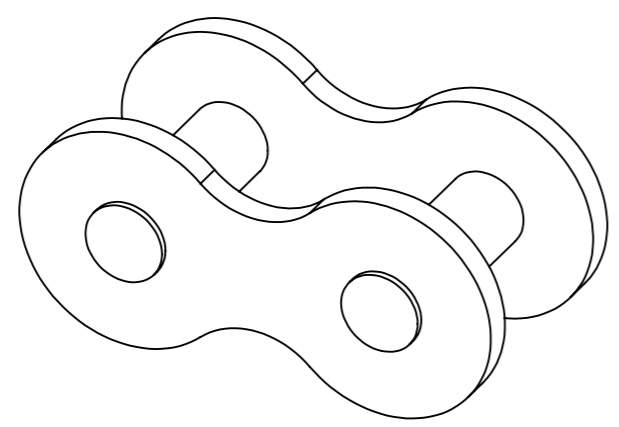
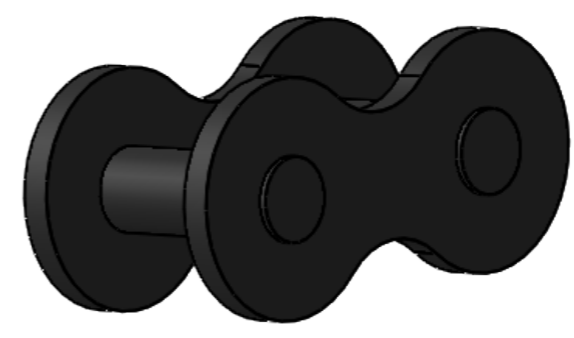
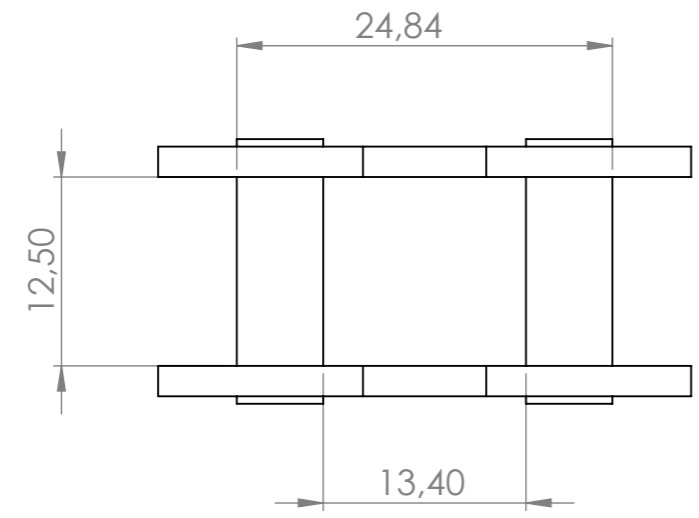
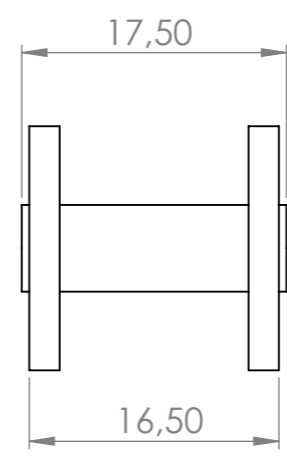
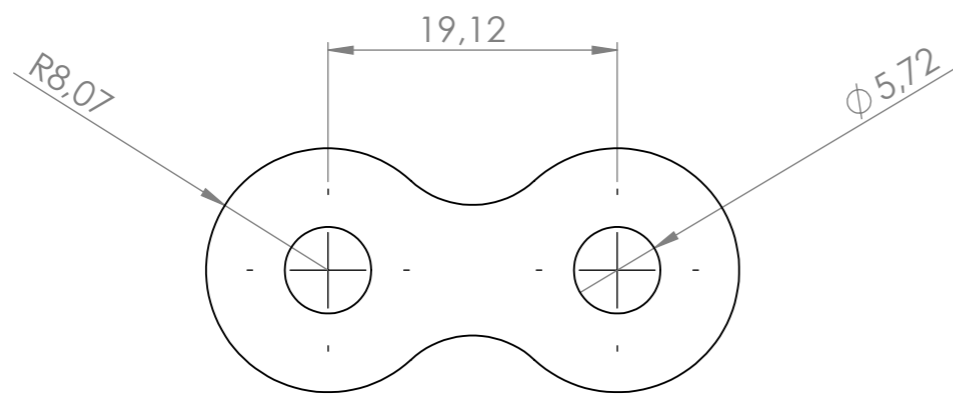
| | | |
|--|---|----------------|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 | ANCLAJE |
| Especialidad Fundamental: Infantería |  | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | | |




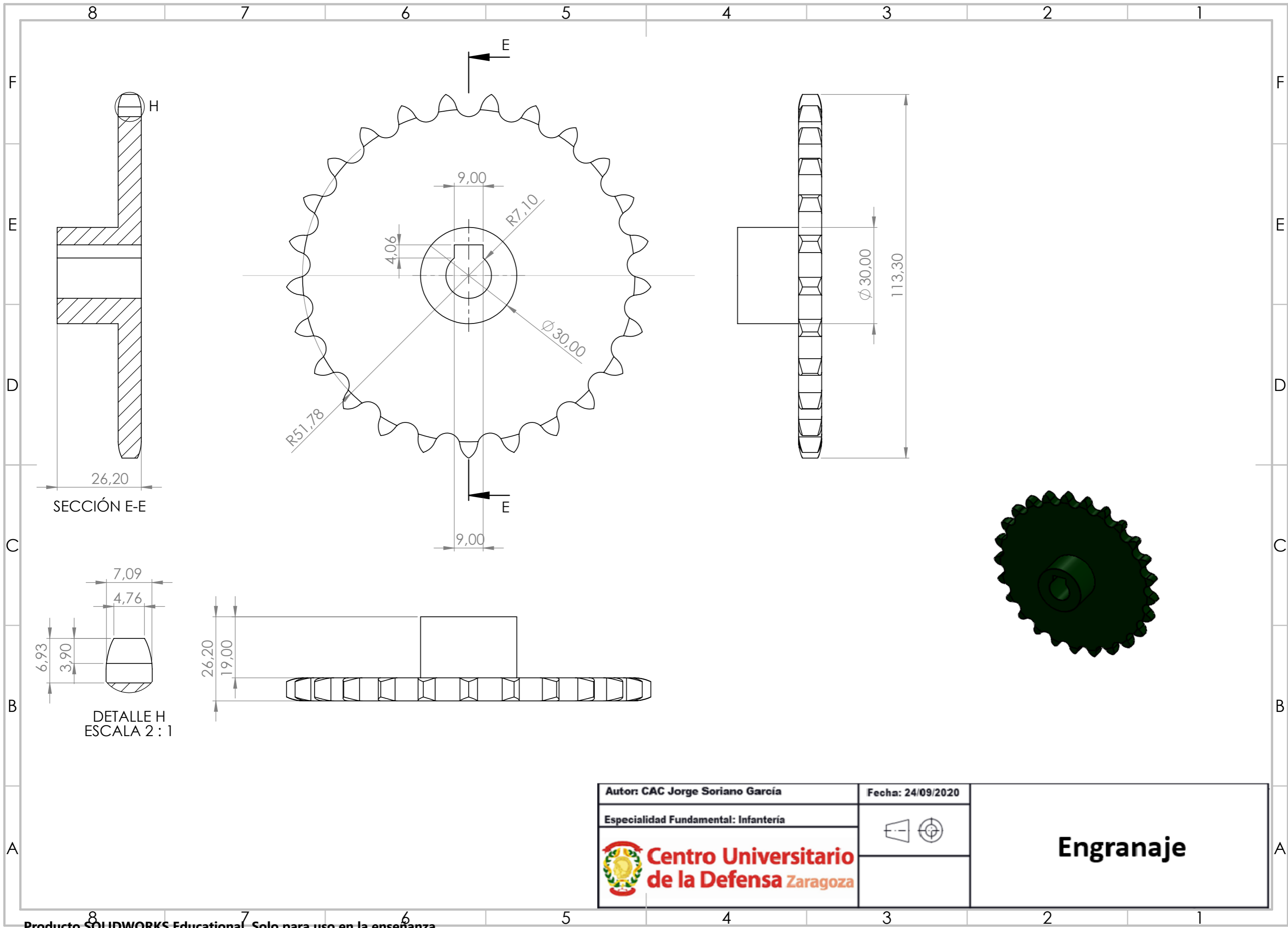
| | | |
|---|---------------------------------|--------------------------------|
| <p>Autor: CAC Jorge Soriano García</p> | <p>Fecha: 24/09/2020</p> | <h1>Cadena de transmisión</h1> |
| <p>Especialidad Fundamental: Infantería</p> | | |
|  <p>Centro Universitario de la Defensa Zaragoza</p> | | |





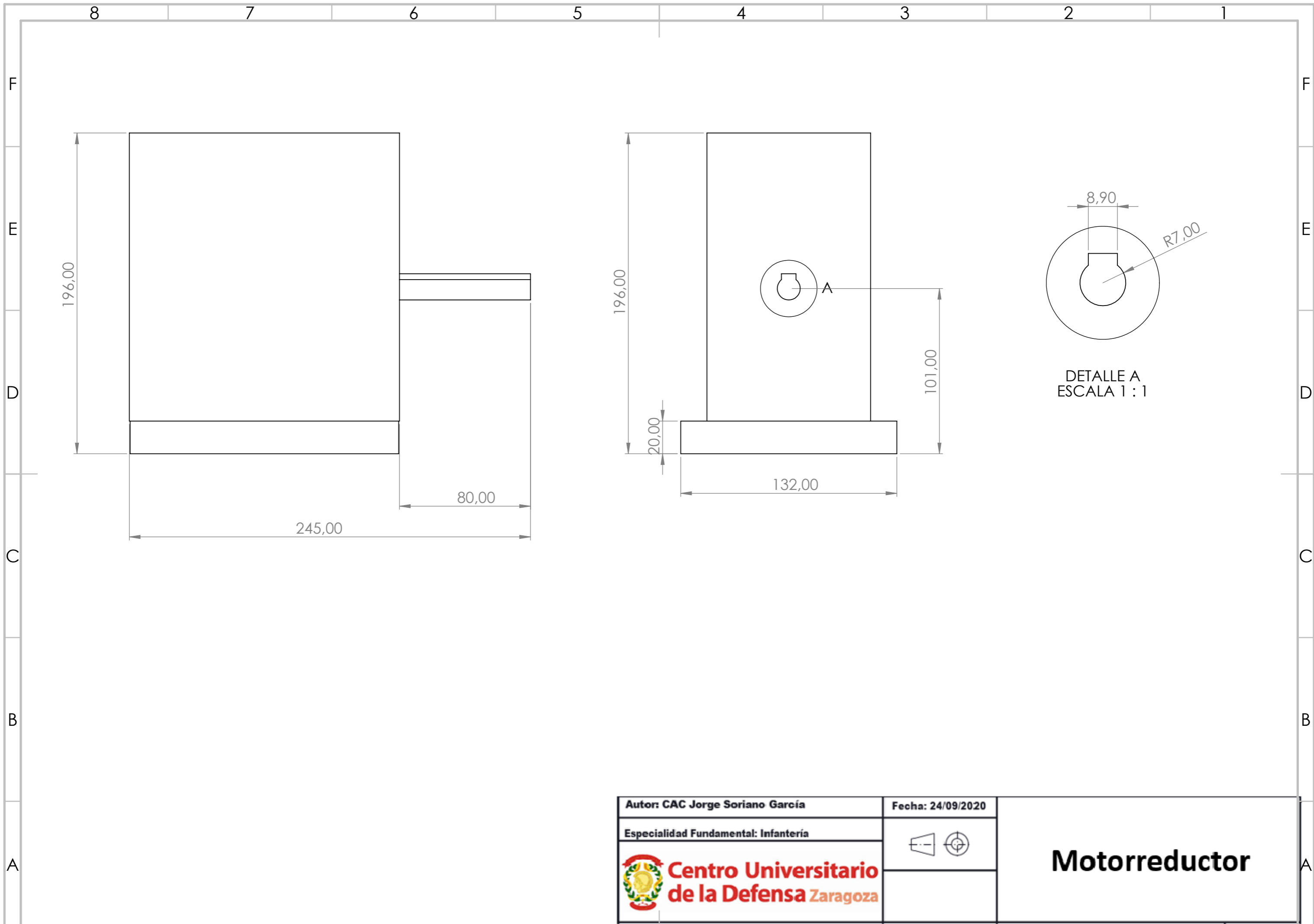
| | | |
|--|-------------------|---|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 | <h2>Eslabón externo de la cadena</h2> |
| Especialidad Fundamental: Infantería | | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | | |





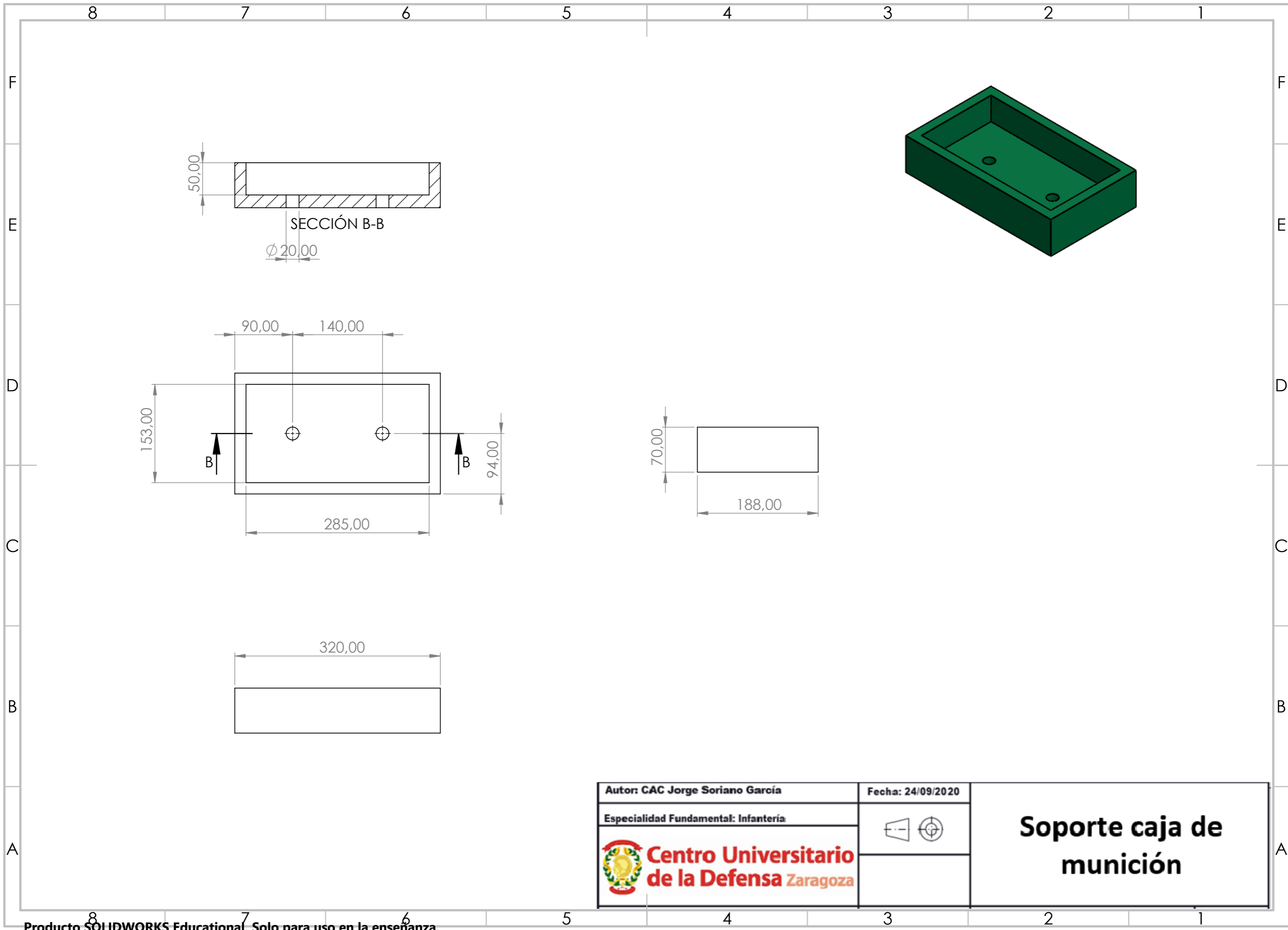
| | | |
|--|-------------------|---------------------------------------|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 | <h2>Eslabón interno de la cadena</h2> |
| Especialidad Fundamental: Infantería | | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | | |



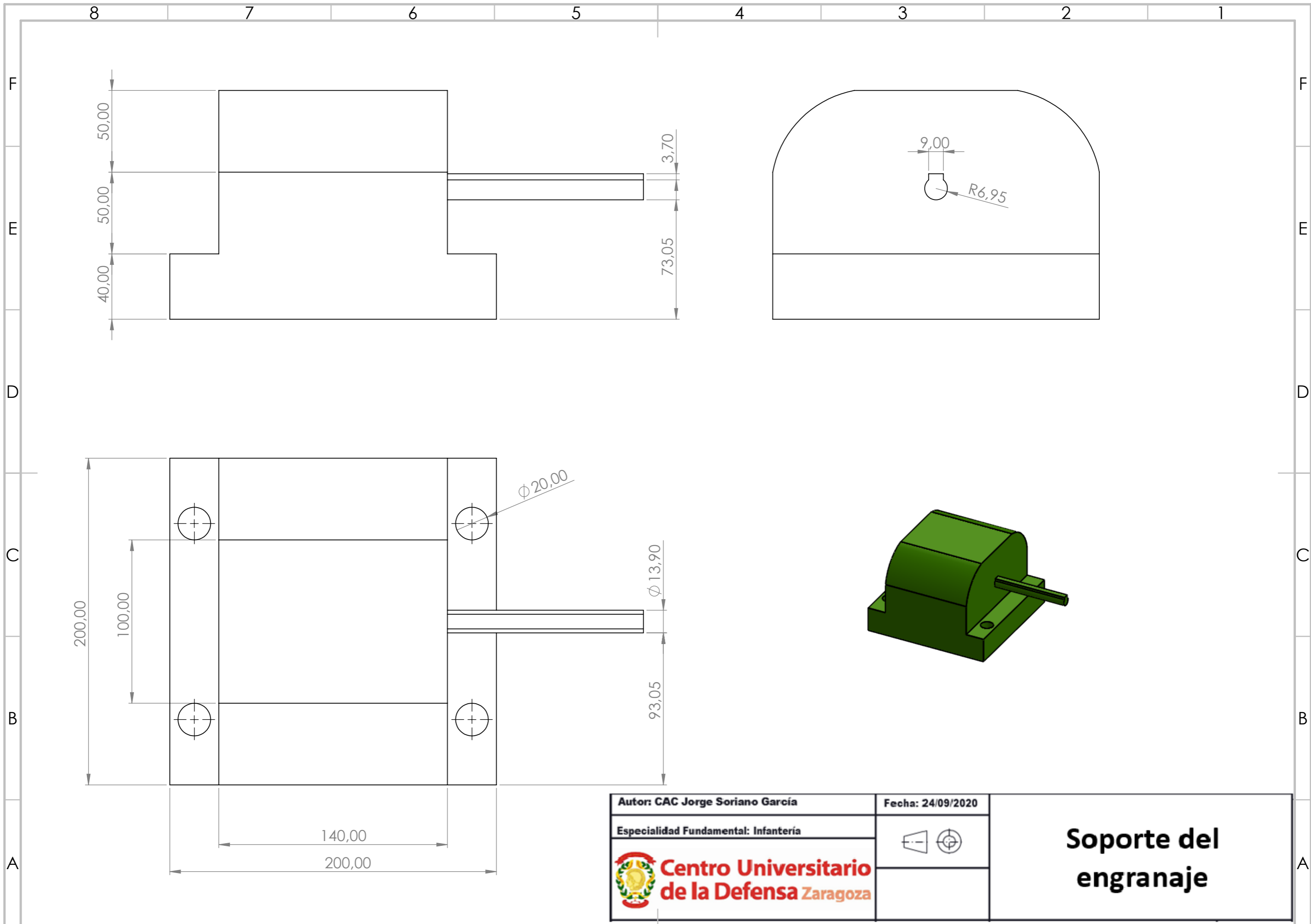
| | | |
|--|---|--------------------|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 | <h1>Engranaje</h1> |
| Especialidad Fundamental: Infantería |  | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | | |



| | | |
|--|---|------------------------|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 | <h1>Motorreductor</h1> |
| Especialidad Fundamental: Infantería |  | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | | |

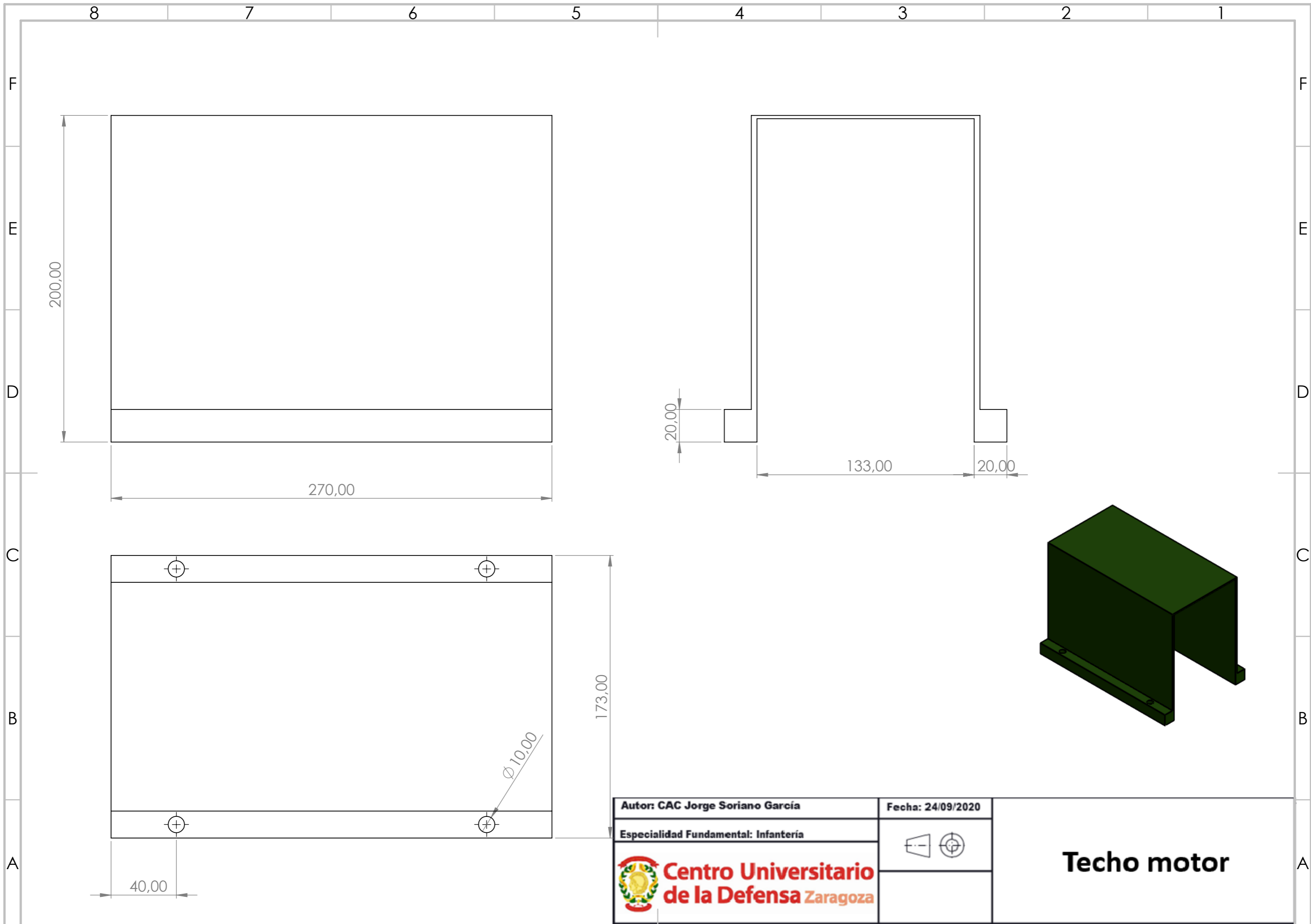


| | | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|
| <p>Autor: CAC Jorge Soriano García</p> | <p>Fecha: 24/09/2020</p> | <h1>Soporte caja de munición</h1> |
| <p>Especialidad Fundamental: Infantería</p> | | |
| <p>Centro Universitario de la Defensa Zaragoza</p> | | |



| | |
|--|-------------------|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 |
| Especialidad Fundamental: Infantería | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | |

Soporte del engranaje

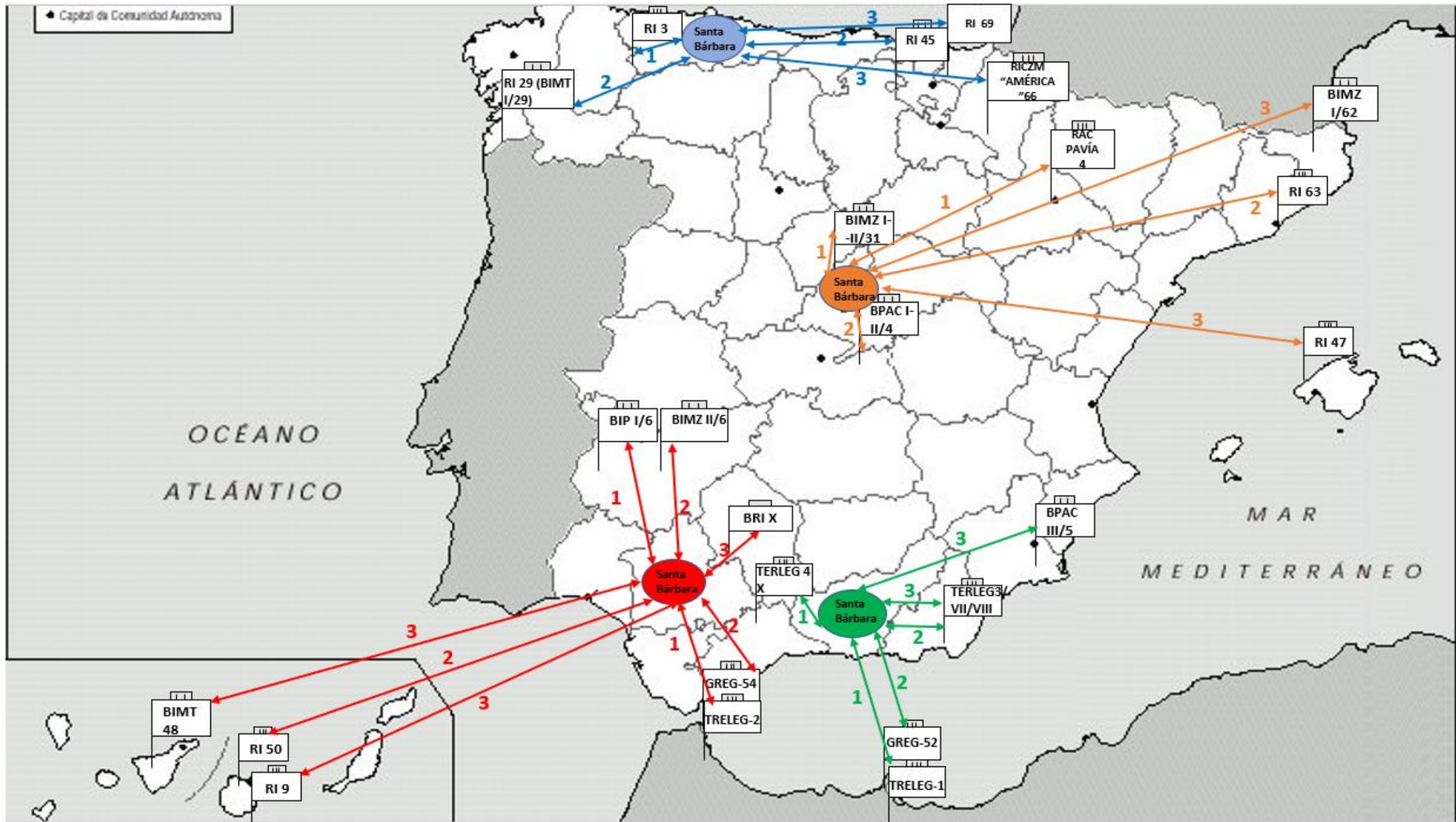


| | |
|--|--------------------------|
| Autor: CAC Jorge Soriano García | Fecha: 24/09/2020 |
| Especialidad Fundamental: Infantería | |
|  Centro Universitario de la Defensa Zaragoza | |

Techo motor

**ANEXO D:
HOJA DE RUTA**

| Unidad a abastecer | Ubicación del taller (Santa bárbara) | Fase de ejecución | Distacia entre unidad-taller (Km) | Número de VAMTAC,s |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| BIMZ I/31 | Madrid | 1 | 15 | 20 |
| BIMZ II/31 | Madrid | 1 | 15 | 20 |
| RAC 4 | Madrid | 1 | 313 | 10 |
| BPAC I/4 | Madrid | 2 | 30 | 20 |
| BPAC I/4 | Madrid | 2 | 30 | 20 |
| RI 63 | Madrid | 2 | 630 | 40 |
| RI 47 | Madrid | 3 | 640 | 30 |
| BIMT I/62 | Madrid | 3 | 700 | 50 |
| TRELEG-2 | Sevilla | 1 | 220 | 10 |
| BIP I/6 | Sevilla | 1 | 210 | 10 |
| GREG-54 | Sevilla | 2 | 220 | 100 |
| BIMZ II/6 | Sevilla | 2 | 210 | 40 |
| RI 50 | Sevilla | 2 | 1400 | 10 |
| BRI X | Sevilla | 3 | 140 | 30 |
| BIMT 48 | Sevilla | 3 | 1500 | 40 |
| RI 9 | Sevilla | 3 | 1400 | 20 |
| TRELEG-1 | Granada | 1 | 260 | 10 |
| TERLEG 4 X | Granada | 1 | 180 | 20 |
| GREG-52 | Granada | 2 | 260 | 100 |
| TERLEG3/VII | Granada | 2 | 170 | 10 |
| TERLEG3/VIII | Granada | 3 | 170 | 10 |
| BPAC III/5 | Granada | 3 | 280 | 30 |
| RI 3 | Oviedo | 1 | 50 | 50 |
| RI 29 (BIMT I/29) | Oviedo | 2 | 380 | 40 |
| RI 45 | Oviedo | 2 | 300 | 40 |
| RI 69 | Oviedo | 3 | 380 | 30 |
| RICZM "AMÉRICA"66 | Oviedo | 3 | 440 | 10 |
| | | | TOTAL = 10543 | TOTAL = 820 |



**ANEXO E:
GESTIÓN DE RIESGOS**

| Título Proyecto: | | Diseño e implementación de un sistema motorizado para transporte de la munición a la torreta del VAMTAC | | | | Equipo: | | | | | | Fecha cambio: | | | |
|-----------------------|--|---|--|-----------------------------|----------------------|-----------------|---|--|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------|--|--|
| Jefe de proyecto: | | CAC SORIANO | | | | Fecha comienzo: | | 28/09/2020 | | Sección | | | | | |
| Evaluación de riesgos | | | | | | | | | | | | | | | |
| ID | Descripción riesgo | Categoría riesgo | Causa del riesgo | Impacto (bajo, medio, alto) | Probabilidad (1,2,3) | Clase riesgo | Efectos riesgo | Medida | Clase riesgo tras implementar medida | Responsable | Fecha planificada | Fecha realización | Status | | |
| 1 | Diseño inadecuado del sistema | Requisitos | Recopilar requisitos que no satisfacen las necesidades técnicas. Debido a errores en la toma de medida y/o errores de cálculo para las especificaciones técnicas | H | 2 | 2H | Diseño del proyecto inadecuado, no cumple con los requisitos técnicos | Realizar un exhaustivo cálculo en las medidas de diseño y en los requisitos técnicos. Y la realización de pruebas tanto de montaje como de funcionamiento. | 1M | Soriano | 14/9/20 | 14/9/20 | Open | | |
| 2 | Espacio insuficiente para la implementación del sistema | Diseño | No disponer de espacio suficiente en el interior del vehículo | H | 1 | 1H | Imposibilidad de implementar el sistema o espacio insuficiente para el operador de la torreta | Pruebas de implementación a escala real | 1L | Soriano | 21/9/20 | 25/9/20 | Open | | |
| 3 | Incorrecta fabricación del sistema de alimentación por parte de la empresa subcontratada | Fabricación | Errores de fabricación por parte de la empresa subcontratada | M | 2 | 2M | Frecuentes rupturas en las piezas del sistema y por consiguiente la inoperatividad del vehículo | Realizar ensayos en las primeras unidades fabricadas y pedirle a la empresa a subcontratar la realización de pruebas de esfuerzo. | 2L | Empresa subcontratada | 29/09/2020 | 29/09/2020 | Open | | |
| 4 | No ajustarse al presupuesto en la fabricación del sistema de alimentación | Financiero | Sobrepasar el presupuesto previsto en la fabricación del sistema | M | 2 | 2M | Sobrecoste | Imponer sanciones económicas por incumplimiento de contrato a la empresa subcontratada | 1L | Soriano | 02/10/2020 | 02/10/2020 | Open | | |
| 5 | Incumplimiento del presupuesto en la implementación del sistema | Financiero | Inadecuado cálculo en el presupuesto para la implementación del sistema debido a la necesidad de mayor número de personal y más horas de trabajo de las planeadas. | M | 2 | 2M | Sobrecoste y retraso en la implementación | Proporcionar un curso de como implementar el sistema y realizar pruebas del tiempo necesario para armar cada sistema de alimentación. De ser necesario se derivara parte del trabajo a talleres operativos del ET. | 1M | Soriano | 07/10/2020 | 12/10/2020 | Open | | |
| 6 | Fallo en la comprobación de esfuerzos | Implementación | Fallo en la prueba y comprobación de la implementación del sistema | H | 1 | 1H | Sobrecoste y volver a empezar la implementación del sistema | Proporcionar un curso de comprobación de esfuerzos del sistema a cada jefe de mantenimiento de cada unidad y hacerle responsable de ello. | 1L | Soriano | 19/10/2020 | 22/10/2020 | Open | | |

**ANEXO F:
GESTIÓN DE COSTES**

| ITEM | TIPO DE COSTE | ACTIVIDAD | CANTIDAD | COSTE UNITARIO | Nº UNIDADES (VAMTAC,S) | COSTO TOTAL (€) | |
|------|-----------------|---|------------------------|--|------------------------|---|--|
| 2 | MATERIA PRIMA | Motorreductor | 1 | 125 | 820 | 125× 820 Unds. = 102500 | |
| 3 | | Engranaje | 2 | 18 × 2 = 32 | 820 | 32 × 820 Unds. = 26240 | |
| 4 | | Cadena de transmisión | 1 | 90 | 820 | 90 × 820 Unds. = 73800 | |
| 5 | | Anclaje | 1 | 5 | 820 | 5 × 820 Unds. = 4100 | |
| 6 | | Soporte engranaje | 1 | 12 | 820 | 12 × 820 Unds. = 9840 | |
| 7 | | Limite de avance | 1 | 2 | 820 | 2 × 820 Unds. = 1640 | |
| 8 | | Tornillos motor | 4 | 3 ×4=12 | 820 | 12 × 820 Unds. = 9840 | |
| 9 | | Tornillos soporte engranaje | 4 | 3 ×4=12 | 820 | 12 × 820 Unds. = 9840 | |
| 9 | | Repuestos | 1 | (72+32+90+5+12+2+12+12) = 237 | 100 | 100 x 237 = 23700 | |
| | | | | | | TOTAL (materia prima) = 261500 € | |
| 10 | COSTE DE DISEÑO | CAC Soriano | 1 | 1000 | | 1000 | |
| 11 | IMPLEMENTACIÓN | Ingeniero | 1 | 3000 | 12 meses | 3000 x 12 meses x 4 fabricas = 144000 | |
| 12 | | Oficial de obra | 1 | 1900 | 12 meses | 1900 x 12 meses x 4 fabricas = 91200 | |
| 13 | | Peon de obra | 4 | 1100 | 12 meses | 1100 x 12 meses x 4 fabricas = 52800 | |
| 14 | | | | | | | TOTAL (personal Santa Bárbara) = 506040 € |
| 15 | | | | | | | TOTAL (fabricas) = 261500+506040 = 767540 € |
| 16 | | Beneficio de Santa Bárbara Sistemas | | 15% | | 115131 | |
| 17 | | Kilometraje | 105545 (véase anexo D) | 1,2 | | ((105545 :100) x 15L/100)X 1,2 = 18998 | |
| 18 | | Dietas conductores | 2 | 28 x 2 conductores = 56 | | 56 X 2 días x 820 vehiculos = 91840 | |
| | | | | | | TOTAL IMPLEMENTACIÓN = 944680 € | |
| 19 | RIESGOS | Inadecuada recopilación de requisitos para la fabricación del sistema de alimentación. | | ((2180408 / 820)x 100 = 26590) + 1000 + 582946 = 610536 | | 610536 x Probabilidad (20%) = 122107 | |
| 20 | | Incorrecta fabricación del sistema de alimentación por parte de la empresa subcontratada. | | 610536 | | 610536 x Probabilidad (15%) = 91580 | |
| 21 | | Incumplimiento del presupuesto en la implementación del sistema. | | 506040 / 12 = 42170 | 4 meses de retraso | 42170 x 4 x Probabilidad(10%) = 16868 | |
| | | | | | | TOTAL (riesgos) = 230555 € | |

