



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Mejoras Operativas y Técnicas del VAMTAC ST5

Autor

Daniel Berjano Barriocanal

Director/es

Director académico: Profesor D. Fernando López Pérez

Director militar: Cap. D. Fernando Zacarías García Calvo

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2020

Contenido

Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract	6
Lista de abreviaturas	7
Lista de tablas y figuras	8
1. Introducción.....	9
1.1. Regimiento de Infantería GARELLANO 45	9
1.2. Objetivos y alcance del proyecto	10
1.3. Metodología	10
2. Proyecto.....	11
2.1. Vehículo Ligero Aníbal	11
2.2. VAMTAC.....	11
2.2.1. Modelo S3.....	12
2.2.2. Modelo ST5	12
2.3. Recogida de información y detección de errores/carencias en el VAMTAC ST5	13
2.4. Análisis de datos	19
2.4.1. Pernos de rueda	19
2.4.2. Disco de amarre	21
2.4.3. Llanta	22
2.4.4. Elementos de freno	22
3. Mejora del vehículo.....	24
3.1. Perno de rueda.....	25
3.2. Disco de amarre.....	26
3.3. Llanta	26
3.4. Elementos de freno	27
3.5. Cambio de materiales.....	27
3.6. Viabilidad técnica y operativa.....	27
3.7. Viabilidad económica.....	29
3.8. Análisis de las propuestas	30
4. Conclusiones	36
Recopilación Legislativa	37
Documentación Técnica Relativa a Modificaciones en Vehículos	37
Manuales de Consulta.....	37
Bibliografía	38
ANEXO 1: Encuesta	39
ANEXO 2: Entrevista	40
ANEXO 3: Planos.....	41

Agradecimientos

Quiero manifestar mi agradecimiento a las diferentes personas que han hecho posible que pueda llevar a cabo la realización de este trabajo.

En primer lugar, quisiera agradecer a mis tutores, tanto el tutor académico, el profesor D. Fernando López Pérez, como al tutor militar, el Capitán D. Fernando Zacarías García Calvo, por haberme posibilitado la realización de este trabajo. Del mismo modo, agradecer su entera disposición, dedicación y tiempo que han dedicado a solucionar mis desavenencias en lo que me pudiera ir surgiendo y poder sacar adelante este proyecto.

En segundo lugar, agradecer al personal de segundo escalón del Batallón “Guipuzcoa” I/45, por haberme permitido acceder a diferentes fuentes de información como sobre los vehículos y sus cometidos.

Por último, agradecer a mi familia y mis seres queridos por haberme apoyado y facilitado todo lo posible el poder centrarme y dedicar el 100% de mi tiempo a cumplir con los objetivos que había marcado con este trabajo.

Resumen

Existe una gran variedad de vehículos en el ET, necesarios para la realización de las actividades y cometidos de las diferentes Unidades del ET, es por ello que constituyen un pilar importante en las Unidades. Entre los distintos vehículos existe el URO VAMTAC, de fabricación española. Este vehículo es muy utilizado en diferentes Unidades del Ejército de Tierra, como es en el Regimiento de Infantería “Garellano” 45.

El VAMTAC tiene diferentes modelos, como es el S3 y el ST5, los cuales están siendo utilizados en el Batallón “Guipúzcoa” I/45. Son vehículos de alta movilidad, con una alta capacidad de transporte de material, así como la capacidad de acoplar diferentes armas de diferente calibre a su afuste. Es un vehículo de gran versatilidad y capacidad de reacción, que permite a este Bón, como aquellos que lo utilizan, una alta operatividad.

Sin embargo, esta operatividad se ve afectada por los diferentes fallos de diseño que arrastra el modelo. Pues tras diferentes encuestas realizadas a personal de las Compañías del Batallón, acompañado de entrevistas a personal de segundo escalón, así como personal especializado, se han descubierto diferentes carencias de este vehículo que pueden ser solucionadas, mejorando así su eficacia y disminuyendo su tiempo en el taller esperando ser reparado.

Estos problemas que se revelaron a través de las encuestas y entrevistas, y, tras un exhaustivo estudio, se centraron en las ruedas del vehículo. Estos problemas radicaban en una rotura de pernos, que venía provocada por diferentes factores, (material, tamaño, disposición,...), y en un desgaste de los elementos de freno. Las soluciones planteadas, tras su análisis, consisten en cambiar diferentes elementos de la rueda (llanta, disco de amarre y perno) y; proponer un nuevo diseño de los elementos de freno (pastilla de freno y disco de freno).

Tras presentar los nuevos diseños y propuestas de mejoras se realizó un estudio de su viabilidad técnica y económica. Todo lo explicado anteriormente ayudado de las diferentes herramientas aprendidas en el grado como el análisis de riesgos, matriz DAFO, análisis de stakeholders y consultar bibliografía especializada.

Abstract

There is a great variety of vehicles in the ET, necessary for carrying out the activities and tasks of the different ET Units, which is why they constitute an important pillar in the Units. Among the different vehicles there is the URO VAMTAC, made in Spain. This vehicle is widely used in different Units of the Army, such as the Infantry Regiment "Garellano" 45.

The VAMTAC has different models, such as the S3 and the ST5, which are being used in the I / 45 "Guipúzcoa" Battalion. They are highly mobile vehicles, with a high capacity to transport material, as well as the ability to attach different weapons of different caliber to their mounting. It is a highly versatile and responsive vehicle that allows this Bón, like those who use it, to be highly operable.

However, this operability is affected by the different design flaws that the model carries. Well, after different surveys carried out with personnel of the Battalion Companies, accompanied by interviews with second-tier personnel, as well as specialized personnel, different shortcomings of this vehicle have been discovered that can be solved, thus improving its efficiency and reducing its time in the vehicle. workshop waiting to be repaired.

These problems that were revealed through surveys and interviews, and, after a thorough study, focused on the wheels of the vehicle. These problems were rooted in a bolt breakage, which was caused by different factors (material, size, layout ...), and wear of the brake elements. The solutions proposed, after their analysis, consist of changing different elements of the wheel (rim, clamping disc and bolt) and; propose a new design of the brake elements (brake pad and brake disc).

After presenting the new designs and proposals for improvements, a study of their technical and economic feasibility was carried out. Everything explained above helped by the different tools learned in the degree such as risk analysis, SWOT matrix, stakeholder analysis and consulting specialized bibliography.

Lista de abreviaturas

Bón. - Batallón

Br. – Brigada

BICC – Batallón de Infantería de Carros de Combate

BIL – Batallón de Infantería Ligera

BRI – Brigada de Infantería

BRIL – Brigada de Infantería Ligera

Cía. - Compañía

DAFO - Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades

ET - Ejército de Tierra

kW - Kilovatio

RI - Regimiento de Infantería

Stte. - Subteniente

VAMTAC - Vehículo de Alta Movilidad Táctica

JV – Jefe de vehículo

Lista de tablas y figuras

Ilustración 1: VAMTAC S3	12
Ilustración 2: VAMTAC ST5.....	13
Ilustración 3: Cabestrante.....	17
Ilustración 4: Perno de rueda roto	18
Ilustración 5: Capó VAMTAC S3.....	19
Ilustración 6: Perno VAMTAC y Aníbal	20
Ilustración 7: Rueda VAMTAC S3.....	20
Ilustración 8: Rueda VAMTAC ST5	20
Ilustración 9: Disco de freno VAMTAC (Izquierda) y Aníbal (Derecha)	23
Ilustración 10: Pastilla de freno VAMTAC (Izquierda) y Aníbal (Derecha).....	23
Gráfica 1: Resultados Encuestas	14
Gráfica 2: Resultados Encuestas	15
Gráfica 3: Resultados Segundo escalón	16
Imagen 1: Explosionado Ejes diferenciales 1.....	21
Imagen 2: Explosionado Ejes diferenciales 2.....	22
Imagen 3: Explosionado Rueda.....	22
Imagen 4: Explosionado sistema de frenos	23
Imagen 5: Explosionado sistema de freno y disco de freno	24
Tabla 1: Lista de materiales	27
Tabla 2: Lista de precios	29
Tabla 3: Riesgos perno.....	30
Tabla 4: Riesgos discos de amarre	32
Tabla 5: Riesgos pastilla de freno y disco de freno.....	33
Tabla 6: Riesgos cambio de material	34
Figure 1: Perno diseñado con SolidWorks	25
Figure 2: Disco de Amarre diseñado con SolidWorks	26
Figure 3: Llanta diseñada con SolidWorks	26
Figure 4: disco de freno diseñado con SolidWorks.....	27
Figure 5: Pastilla de freno Diseñada con SolidWorks.....	27
Figure 6: Stakeholders.....	28
Figure 7: Análisis DAFO	30
Figure 8: Análisis DAFO	31
Figure 9: Análisis DAFO	33
Figure 10: Análisis DAFO	34

1. Introducción

1.1. Regimiento de Infantería GARELLANO 45

El Regimiento de Infantería (RI) de Línea Garellano núm. 45 se creó según Real Decreto de 27 de julio de 1877 por el que la Infantería del Ejército de la Península se organizaba, entre otros centros y organismos, en 60 Regimientos de Línea numerados del 1 al 60 y formados por dos batallones cada uno.

Entre 1890 y 1920, fuerzas del Regimiento participan de manera destacada en labores de pacificación y restauración del orden público en Bilbao y su provincia, debido a los graves disturbios que se producen en las frecuentes huelgas de la industria y minería.

El 1 de octubre de 1921 en base al 2º Bón., se constituye de nuevo el 2º Bón. Expedicionario del Regimiento Garellano, pero esta vez para participar en la Campaña de Marruecos, de donde, tras demostrar su valía en numerosas acciones de guerra, regresaría a finales del año 1926.

En 1931, durante la II República, el Regimiento se transforma en Bón. de Montaña, con la numeración nº 4, que cambia en abril de 1936 por el nº 6.

En el año 1986, y como consecuencia de la reorganización del Ejército que tuvo lugar en ese año según el denominado “Plan META”, el Regimiento incorpora un segundo Bón. formado en base de personal del disuelto RI “San Marcial” nº 7 y se constituye como Regimiento de Infantería Motorizado “Garellano” nº 45, recibiendo sus Batallones las denominaciones de “Guipúzcoa” I/45 y “Milán” II/45. Queda encuadrado en la Brigada (Br.) de Infantería Motorizada LII perteneciente a la División de Montaña “NAVARRA” nº 5.

En 1996 y como consecuencia del Plan NORTE, el Regimiento de Infantería Motorizado Garellano nº. 45 pasa a denominarse Regimiento de Infantería Mixto Garellano nº 45. Se disuelve el Bón. “Milán” y se incorpora al Regimiento el Bón. de Carros “Flandes”, surgido del glorioso Regimiento del mismo nombre, recibiendo la denominación de BICC. “Flandes” IV/45.

Las Adaptaciones Orgánicas del año 2011 significaron para el BIL. “Flandes” IV/45 la pérdida de la Compañía de Carros de Combate, convirtiéndose en un Bón. de Infantería Ligera, el BIL. “Flandes” IV/45.

El día 1 de enero de 2016 por adaptaciones orgánicas del ET del año 2015, este Regimiento se ve afectado en los siguientes puntos:

- El Bón. “Flandes” deja de estar encuadrado en el Regimiento Garellano, pasando a depender del RAC Pavía nº 4, trasladándose a la plaza de Zaragoza.
- El Bón. “Guipúzcoa” también se ve afectado, cambiando su denominación a BIMT “Guipúzcoa” I/45.
- El Regimiento pasa a denominarse RI “Garellano” nº 45, cambiando su dependencia orgánica, al pasar de la BRIL “San Marcial” V a la BRI “Guzmán el Bueno” X.

Los Batallones de Infantería Motorizada cuentan en su plantilla orgánica con vehículos todoterreno de tipo URO 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 URO VAMTAC son la principal potencia de fuego de la unidad al contar con un afuste en su parte superior para colocar ametralladoras de calibre 12.70 ó 7.62. Es decir, estos vehículos se utilizan en cometidos tácticos y ejercicios de fuego real. Así como una vez terminados dichos ejercicios, se utilizan para el transporte de personal y material, cometidos de tipo logísticos.

1.2. Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo principal de este trabajo es proponer una serie de mejoras con las que optimizar el Vehículo de Alta Movilidad Táctica (VAMTAC) ST5, para que cuente con un funcionamiento más eficiente y eficaz para el uso diario del personal que trabaja con él. Así como facilitar su mantenimiento e impedir el deterioro de algunas de sus partes.

Para ello, resulta necesario recabar la máxima información posible sobre el funcionamiento del VAMTAC ST5, las maneras en las que se utiliza tanto táctica como técnicamente, así como investigar sobre las deficiencias que tiene dicho vehículo.

A tal fin, se considera indispensable disponer el máximo tiempo posible del vehículo VAMTAC ST5 de cara a la instrucción del personal y su uso táctico en los ejercicios militares correspondientes.

Para poder detectar fallos o deficiencias en este vehículo se debe entrevistar al diferente personal que trabaja con el vehículo, tanto en la vertiente de sus usuarios como de los encargados de su mantenimiento, para poder extraer los conocimientos necesarios para la mejora del vehículo.

1.3. Metodología

A fin de alcanzar los objetivos marcados en el Proyecto, se han efectuado las siguientes acciones:

Se ha llevado a cabo una encuesta durante el período de prácticas de tipo online, constando de 12 preguntas (9 tipo test y 3 preguntas abiertas) enfocadas al tipo de misiones y los problemas detectados por el personal que trabaja con el vehículo (jefe de vehículo (JV), conductor, tirador y fusilero) en ese tipo de misiones o los cometidos para los que se usa el vehículo. Se ha realizado a todo el personal posible que haya trabajado con este vehículo (52 personas en esta Unidad). Consta en el Anexo 1 el cuestionario completo efectuado.

A fin de conocer cuáles son los diferentes problemas o carencias que tiene el VAMTAC ST5, desde la perspectiva técnica, se ha procedido también a entrevistar al personal del taller de la Unidad. Las entrevistas se han realizado al personal de segundo escalón¹ o a los mecánicos que efectúan trabajos de reparación con el vehículo, en la Unidad. Estas entrevistas se han extendido a personal de Operaciones Especiales que trabaja con este vehículo (Equipo de Alta Movilidad) y al personal del Bón Zamora. (Véase Anexo 2)

Con estas entrevistas de carácter técnico se ha buscado detectar:

- Los problemas a nivel técnico como pueden ser la transmisión, los fallos de motor, y las causas de estos (fallos de fabricación, mal uso del vehículo, etc).
- Conocer datos concernientes a los tiempos en el taller respectivo con el fallo que lo derivó.
- Comparar los errores de la versión predecesora a este vehículo y comprobar si con el actual se han solventado, ya que la Unidad dispone aún de vehículos de la versión anterior (VAMTAC S3).

¹ Mantenimiento orgánico por parte de la Sección de Mantenimiento de la Compañía de Servicios de la unidad que tiene asignado el material. Comprende reparaciones que corresponden a averías de funcionamiento y/o pequeños desgastes. Así mismo realizan revisiones programadas o actualizan la documentación técnica.

Por último, a fin de concretar las propuestas de mejora, se han manejado herramientas como el análisis de stakeholders, análisis de riesgos, matrices DAFO y se ha procedido a consultar bibliografía especializada.

2. Proyecto

En el ET existen numerosos vehículos militares, en este caso, se van a explicar el Aníbal y el modelo anterior al VAMTAC ST5, el VAMTAC S3, pues son los que se utilizan en el Bón. “Guipúzcoa” I/45. Más adelante, se explica cómo se han comparado estos vehículos con el ST5 y las características de los mismos, pues su análisis es esencial para entender las mejoras realizadas al ST5. Estos dos vehículos (Aníbal y VAMTAC S3) son los que se han estado utilizando en los diferentes ejercicios de maniobra en el RI Garellano 45.

2.1. Vehículo Ligero Aníbal

El Aníbal es un vehículo ligero utilizado en misiones en Territorio Nacional, de unas 2 toneladas, con una potencia de 92 kilovatios (kW). Es un vehículo ágil y con posibilidades de traslado de efectivos. Aunque se utiliza en operaciones de tipo táctico, resulta adecuado para transporte de material o personal.

Este vehículo es usado frecuentemente en el ET, tiene ciertos sistemas como pastillas de freno, discos de freno y pernos de rueda que están analizados más adelante comparándolo con el VAMTAC ST5.

2.2. VAMTAC

El vehículo URO VAMTAC (Vehículo de Alta Movilidad Táctica) es de tipo todoterreno desarrollado por la empresa española UROVESA desde el año 1998 y destinado principalmente al ámbito militar. Ha pasado por varios modelos desde el Rebeco y S3, pasando por el S3 blindado, hasta el modelo ST5 actual, fabricado desde 2013 con más capacidad de carga y mejores blindajes y equipo que sus predecesores.

“Este todoterreno, modular y versátil, está diseñado para soportar las peores condiciones de trabajo con una alta movilidad y capacidad de carga”. (NEXOTRANS, 2020)

El URO VAMTAC puede moverse a gran velocidad en todo tipo de terrenos y zonas adversas donde cualquier otro vehículo 4x4 tendría serias dificultades. Su eficacia, versatilidad y capacidad de reacción son un gran aliciente para las unidades del ET, que unidas a su capacidad para ser empleado con diferentes fines, ya sea como ambulancia, porta-armas, para mando y control, etc., hacen de él un vehículo polivalente.

La posibilidad de acoplar diferentes monturas de armas, ya sean ametralladoras de distintos calibres o lanzagranadas, permiten al Bón. de Infantería mejorar su operatividad ya que les proporcionan una gran potencia de fuego. Así mismo, la posibilidad de disparar en movimiento y la gran capacidad de protección, como es el caso del S3 blindado y el ST5 que disponen de protección de nivel B3 OTAN, aumentan su eficacia y su seguridad. Este vehículo no se ha probado en Zona de Operaciones (por parte del Ejército Español) debido a que carece de sistema antiminas y el ET opta por los RG31 y LMV.

No obstante, sí que es utilizado por otros ejércitos, existiendo varias noticias que nos reportan dicho uso. Por ejemplo, por fuerzas armadas de países africanos o el uso por parte de Portugal en la República Centroafricana (Sanz, 2010).

En cualquier caso, la antedicha versatilidad es factor clave de la incorporación de este vehículo al ET. Resumidamente: ambulancia; carga de productos; abastecimiento de cisternas y aljibes; coche de control; lanza misiles; sistema de vigilancia; transporte militar; vehículo de comunicaciones; mando y control; seguridad e incendios (Motor, s.f.).

Como el Bón. Utiliza los modelos VAMTAC S3 y ST5, se van a explicar dichos modelos a continuación.

2.2.1. Modelo S3

Se ha estimado interesante analizar los fallos que pudiera tener el antecesor al VAMTAC ST5, esto es el S3, así como su blindaje y datos técnicos, a fin de proceder a su comparación y averiguar si se han solucionado con el actual modelo ST5.

Este modelo S3, es el modelo anterior al ST5, sigue siendo usado por el ET, puesto que no todas las Unidades tienen el nuevo VAMTAC ST5. Entre los fallos a destacar de este vehículo estarían el mal ángulo de salida que tiene debido a la matrícula y al portapetacas, así como la falta de blindaje, torre y el sistema de puertas. Estas deficiencias fueron detectadas por conductores y mecánicos, al llevarse al segundo escalón y detectar diferentes imperfecciones en estas partes del vehículo.



Ilustración 1: VAMTAC S3

Fuente propia



2.2.2. Modelo ST5

El VAMTAC modelo ST5 tiene un motor de cilindrada de 3200 cm² y una potencia de 188 CV, ampliable hasta 218 CV que le permite alcanzar una velocidad de unos 125 km/h. Lleva desde el año 2014 en las diferentes unidades del ET.²

2 Manual MT-032 URO ST5 BN1-BIVALENTE 2014 MANUAL DE USUARIO



Ilustración 2: VAMTAC ST5

Fuente propia

Aunque ambos vehículos (S3 y ST5) puedan parecer iguales a simple vista, existen multitud de cambios entre ellos, algunos de los cuales se puede destacar un aumento en el blindaje del vehículo, que las puertas incluyen un sistema de bloqueo antiminas y un sistema hidráulico de cierre o la existencia de una rueda en la parte posterior de repuesto³. Así se solucionan algunos de los problemas de su antecesor (VAMTAC S3), como el concerniente a que el portapetacas y la matrícula sobresalían demasiado y se veían afectados por el ángulo de salida del vehículo dañándose. Estos últimos fallos fueron detectados por los conductores al subir pendientes pronunciadas ($\approx 35^\circ$).

Sin embargo, genera unos nuevos problemas, como el aumento de peso del vehículo (de 5600Kgs a 6300Kgs) o continúa arrastrando algunos de los anteriores, como la relativa pérdida de potencia en frío, la rotura de pernos de las ruedas o ranuras del capó muy grandes. Todo esto fue observado por el personal técnico, pues seguían reparando los mismos errores en vehículos nuevos, tal y como queda acreditado en las entrevistas efectuadas al personal técnico antes referidas.

2.3. Recogida de información y detección de errores/carencias en el VAMTAC ST5

Una vez introducido el vehículo VAMTAC ST5, sus antecesores y la explicación de la metodología que se va a llevar a cabo y, teniendo en cuenta los objetivos y alcance del proyecto, se va a proceder al desarrollo del trabajo.

Los vehículos de combate, como es el VAMTAC ST5 a nivel Bón., van rotando de compañía en compañía en períodos de un año. Este año 2020-2021 pertenecen a la 3ra Cía. Por tanto, para tener acceso a ellos durante el período de prácticas se mantuvo contacto con los correspondientes mandos a fin de acceder a ellos en períodos donde no estuviesen siendo usados para la instrucción.

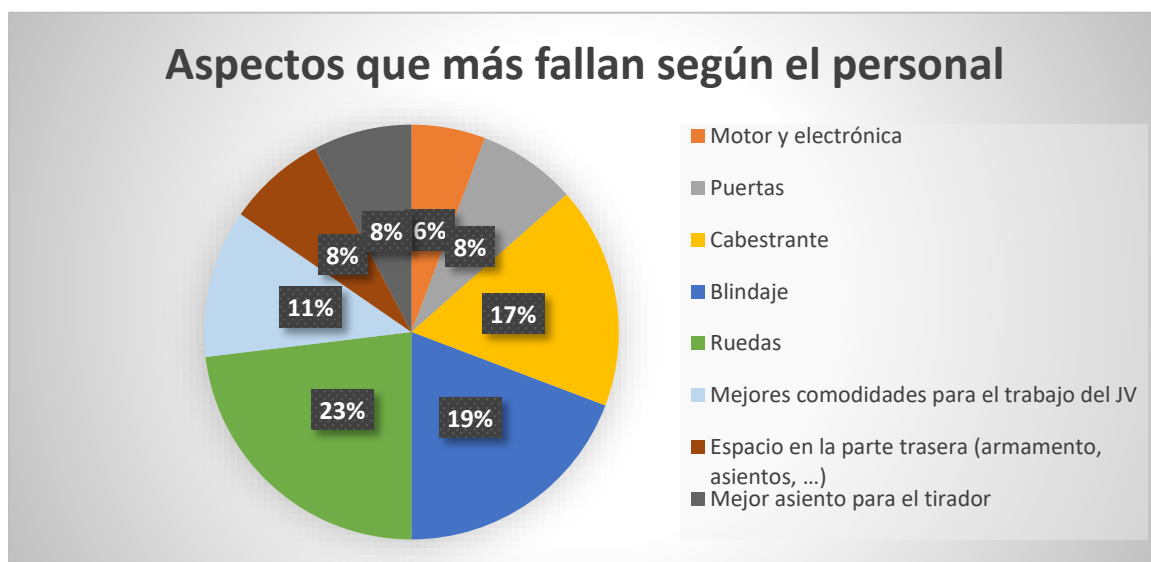
Durante las dos primeras semanas de prácticas se diseñaron y realizaron las encuestas online, a fin de recoger los datos de forma más rápida y que el personal pudiera acceder de forma más rápida a ella y sin los problemas de realizarlo todo de forma analógica. Las encuestas

³ Todas las características vienen recogidas en el MT-032 URO ST5 BN1-BIVALENTE 2014 MANUAL DE USUARIO

realizadas han sido contestadas por 52 personas, lo que supone un 15% aproximadamente del total del Bón, pudiendo detectar cuáles eran los problemas que se generaban en las diferentes posiciones tácticas (tirador, JV, conductor o fusilero), debido a que cada persona que trabaja con el VAMTAC tiene diferentes inconvenientes en función de su puesto.

Estas respuestas fueron contrastadas, a nivel técnico, con el jefe de vehículos y con el jefe de mantenimiento de la Unidad (así como con las unidades del Bón. Zamora y el personal de Operaciones Especiales), pues son quienes trabajan de forma directa con la reparación de dichos vehículos en segundo escalón. Como se auguraba desde un primer momento, los fallos detectados en las encuestas, y en las entrevistas con el personal técnico, eran causados, en su mayoría, por fallos de diseño. Lo que vaticinaba que no solo pasaba en esta Unidad y no eran generados por un mal uso del vehículo. Esto conllevaba que las peticiones de piezas de repuesto fuesen, no solo a nivel unidad, sino a grandes niveles. Esta cuestión retrasaba más aun la reparación de los vehículos manteniéndolos inmovilizados, perjudicando la instrucción y la operatividad de la Unidad.

A continuación se muestra una gráfica de los problemas que tiene el VAMTAC ST5 según los resultados de las encuestas realizadas a los usuarios del vehículo:



Gráfica 1: Resultados Encuestas

Fuente Propia

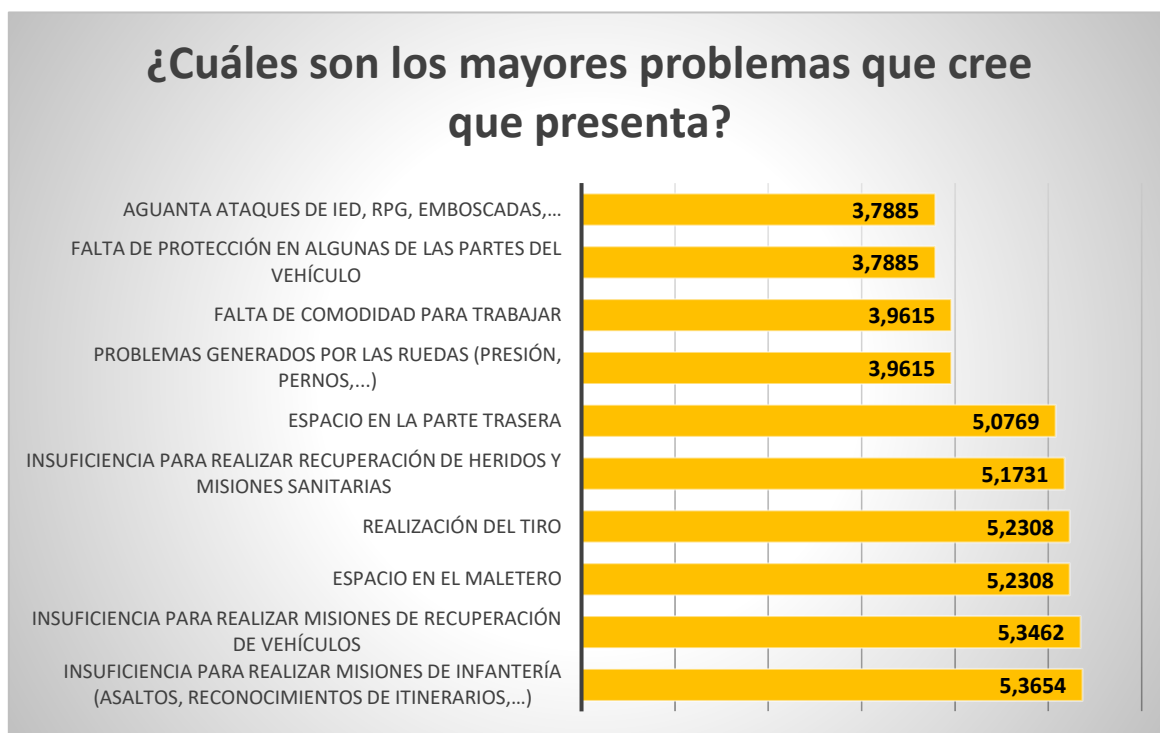
Resumidamente los aspectos que más fallan según el personal son los siguientes elementos:

- Ruedas (23%)
- Blindaje (17%)
- Cabestrante (15%)

Tras ver los aspectos del vehículo que más fallan a nivel técnico, en la siguiente gráfica se pueden ver los aspectos que fallan a nivel operativo por parte de los encuestados. Los problemas a la hora de realizar diversas misiones o cometidos se han considerado de la siguiente manera:

- Los encuestados marcaban del 1 al 10 cada problema, donde 1 era el mayor problema y 10 el menor problema
- Después se realizaba una media ponderada de las veces que se había respondido dicho problema con su número y el número de veces que se había marcado:

$$\text{Gravedad del problema} = \frac{(\sum((1+n) \times n^{\circ} \text{ de veces marcado}))}{N^{\circ} \text{ total de encuestados}} \quad (\text{hasta un máx de } n = 9)$$



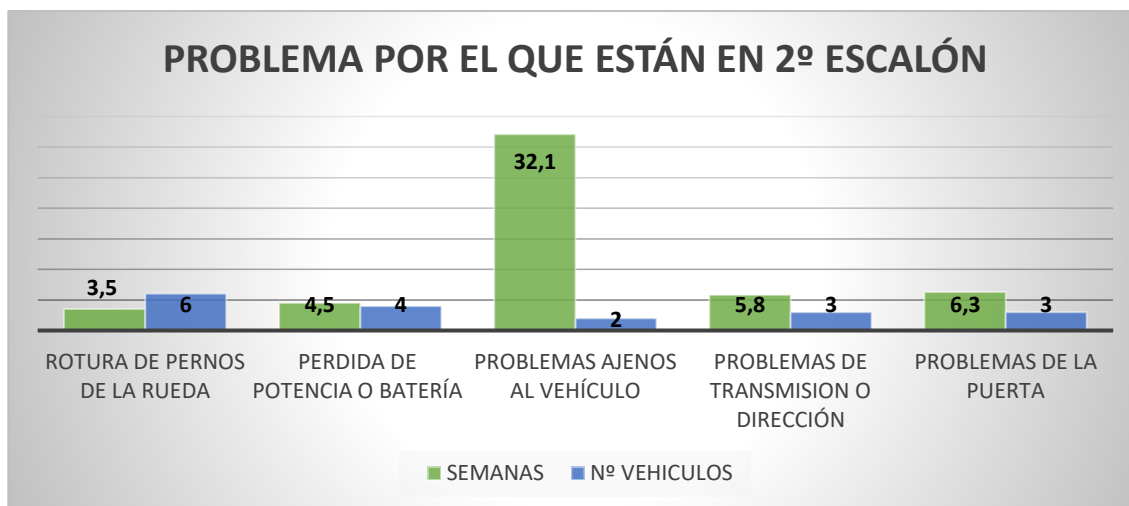
Gráfica 2: Resultados Encuestas

Fuente propia

Como se observa los problemas que más preocupan o en los que más incide la gente son los problemas cercanos a 1 siendo estos:

1. Falta de protección en algunas de las partes del vehículo.
2. Aguanta ataques de IED, RPG, emboscadas,...
3. Problemas generados por las ruedas (desgaste, pernos,...)
4. Falta de comodidad para trabajar.

Desde la perspectiva técnica (Jefe de vehículos/Jefe de mantenimiento), sin embargo, los problemas que se detectan son diferentes. En la siguiente gráfica podemos ver la relación de los vehículos que están en mantenimiento y el tiempo que están en taller (de media y por semana) por los diferentes problemas que se generan. Los datos facilitados por el segundo escalón son los siguientes:



Gráfica 3: Resultados Segundo escalón

Fuente propia

Por tanto, de la conjugación de ambos gráficos, podemos deducir que de los aspectos que más fallan (gráfica 1) y los problemas que causan a nivel técnico (gráfica 2) son las ruedas y el blindaje. Pero como se puede observar en la última gráfica (Gráfica 3) el blindaje no supone ningún problema a la hora de repararlos. De todas formas, vamos a explicar en los siguientes apartados los problemas que más han surgido en las encuestas:

- **Falta de comodidad**

Que la gente advierta una falta de comodidad es preocupante, pues no se debería trabajar incómodo por las implicaciones que ellos pudiera conllevar en cuanto a fatiga, falta de atención, etc. Sin embargo, al entrar en detalle y complementándolo con los resultados de la gráfica 1, las incomodidades que sufren son mínimas, sin impedir realizar las tareas de forma eficaz. Estas incomodidades serían:

- Mejoras en el asiento del JV.
- Mejora del asiento del tirador.
- Falta de espacio en los asientos traseros.

Sí es cierto que estas mejoras serían agradecidas por el personal, en especial la del JV, pues es un puesto táctico que tiene muchas tareas, y facilitarlas supone una reducción de estrés del JV, así como, una mejor organización de sus tareas. Sin embargo, existen problemas de mayor gravedad para centrarse antes. Por ello, este problema no se va a tener en cuenta, ni se va a trabajar sobre él.

- **Cabestrante**

Al mismo tiempo, se ha detectado que existe un pequeño problema con el cabestrante. Así, cuando se extrae el cable no existe ninguna marca que avise de estar llegando al límite de la longitud del cable (30 metros), porque no se tiene visión de este, lo que puede llevar a que se atasque o se produzcan accidentes en su utilización. Este problema ha sido señalado por el personal que trabaja a nivel operativo, pero el personal de mantenimiento asegura que no es un gran problema a señalar o que destacaría como problemático para el uso del vehículo. Por dichas cuestiones descartamos este problema para su análisis.



Ilustración 3: Cabestrante

Fuente propia

- **Blindaje**

Pese a que se ha señalado por los usuarios del vehículo en las encuestas la problemática de la falta de blindaje, de las entrevistas con el personal de mantenimiento, se deduce que al vehículo no le falta blindaje, pues supondría un aumento de peso que causaría problemas que se añadirían a los ya existentes. Además, la evolución del vehículo de VAMTAC S3 al ST5 supuso un aumento del blindaje del vehículo (entre otras mejoras). En consecuencia, no se estima necesario. Además el blindaje recubre el habitáculo de vida, la torre del tirador incluyendo tanto frente como laterales. En consecuencia, el problema puede radicar en un desconocimiento, por parte del personal, de las mejoras producidas en el VAMTAC ST5 respecto a su versión anterior. Por consiguiente, se reputa más útil a los efectos de este trabajo, centrarse en aspectos técnicos como es la problemática concierne a las ruedas, puesto que tener un vehículo de alta movilidad y con las capacidades que nos ofrece, de forma continua en mantenimiento por fallos simples, le resta sensiblemente utilidad.

- **Ruedas**

Al respecto de las ruedas, de la investigación realizada (fundamentalmente las encuestas y entrevistas ya descritas), se infiere que se produce un desgaste de los elementos de freno -y la rotura de pernos. A continuación se describen cada uno de ellos:

- **Pernos**

Los tornillos están hechos de hierro dulce, y aguantan cierta presión (1220 Newton por mm^2), existiendo 8 pernos por rueda. Antes de cada salida los vehículos son revisados y los pernos de las ruedas son apretados con la dinamométrica. A la vuelta de cada salida (unos 4-5 días), todos los vehículos ST5 vuelven con pernos rotos (de 1 a 3 por rueda), lo que conlleva que si se realiza un pedido a abastecimiento los vehículos se mantienen en segundo escalón una media de 3,5 semanas, sino existen repuestos de pernos. Sin embargo, una vez que reciben los pernos, cambiar los pernos de las ruedas afectadas tarda 1 día, pudiendo estar operativos de nuevo ese mismo día. Al mismo tiempo, ha habido casos de que al partirse los pernos de las ruedas de algún vehículo, éstas se han salido, con las altas posibilidades de causarse un accidente que ello puede conllevar.



Ilustración 4: Perno de rueda roto

Fuente propia

En las imágenes anteriores se muestra uno de los pernos tras ser cambiado y haber sufrido una rotura. Se puede observar como el perno está roto por la parte que está en contacto con la rueda. Esta rotura no se ha provocado por una falta de mantenimiento de primer escalón, puesto que la constante rotura de los pernos se ha visto reflejada tanto en vehículos que han tenido un buen tratamiento de primer escalón como los que no. Aun así, es necesario que exista un buen mantenimiento de primer escalón y que el vehículo se mantenga en buenas condiciones, pues esto sigue previniendo enormemente las averías si se observan a tiempo o algo comienza a fallar.

○ **Elementos de freno**

Los elementos de freno sufren un rápido desgaste, pues, como se detallará más adelante, tienen unas dimensiones que no van acorde con el VAMTAC ST5 en comparación con otros vehículos de uso táctico similar.

De cara al objetivo de este trabajo, existe la posibilidad de actuar desde dos frentes: efectuar mejoras operativas aumentando las capacidades del vehículo de cara al combatiente; o, en segundo lugar, mejorándolo de cara a tener un avance eficiente en el vehículo causando menores problemas de mantenimiento y que de esa forma esté menos tiempo en segundo escalón fuera de servicio.

Viendo el tiempo que conlleva tener un vehículo en segundo escalón, es decir, parado en el taller esperando ser reparado, se enfocará el trabajo en realizar una mejora técnica, reduciendo así su tiempo de inmovilidad por fallos técnicos. En este caso, podemos observar que uno de los grandes problemas del vehículo son las ruedas (perno, llanta, disco de amarre y elementos de freno), por lo que centraremos el trabajo en ello. Por el contrario, se descarta el problema del cabestrante antes descrito, pues a niveles operativos, ni supone un inconveniente de funcionalidad

para el vehículo, ni provoca un desgaste físico para el personal. Así como, se descarta el problema del soporte para Tablet en el puesto táctico de JV, pues no es problema a reseñar.

2.4. Análisis de datos

Contrastando los datos proporcionados por el segundo escalón (entrevistas a personal de mantenimiento) con los datos de las encuestas, podemos comprobar que muchos de las opiniones de los usuarios que realizaron la encuesta coinciden, a grandes rasgos, con los problemas que los vehículos han generado. En las entrevistas con el personal de segundo escalón no se tuvo en cuenta un problema correspondiente a los huecos del capó.

El problema de los huecos del capó, un inconveniente muy generalizado, fue detectado por el ya Teniente Herrero, en su Trabajo Fin de Grado (Herrero, 2019). En referencia a fallos en las baterías y la columna de dirección del VAMTAC S3, el autor imputó, en dicho trabajo, el problema de los dos huecos que se hallan en su capó para ser helitransportado (huecos que permanecen en el ST5), y en los cuales se cuelan las vainas tras el uso de la ametralladora.



Ilustración 5: Capó VAMTAC S3

Fuente propia

Siendo que este error ya fue detectado en el TFG referenciado, y propuesta una solución al mismo en los términos expuestos, en el presente trabajo se soslaya el mismo (teniendo en cuenta que el VAMTAC ST5 tiene esos mismos huecos, y fue advertido en las entrevistas con el personal de mantenimiento) y se centra en los problemas nombrados en el apartado 2.3 precedente. Sin embargo, el problema de los pernos no se arregla trabajando solamente sobre ellos, sino también, en los elementos sobre los que se apoya, tal y como se expone a continuación

2.4.1. Pernos de rueda

A los datos anteriores sobre la rotura de pernos facilitados por el Subteniente (Stte) Jefe de Mantenimiento, se incluye la entrevista que se mantuvo con él durante el período de realización de las prácticas, analizando a continuación el problema descrito.

En la siguiente imagen se van a comparar los pernos del Aníbal con los pernos del VAMTAC, mostrando la diferencia de tamaño entre estos, que, aunque sea pequeña a primera vista, hay que tener en cuenta que el peso del VAMTAC triplica el del Aníbal.



Ilustración 6: Perno VAMTAC y Aníbal

Fuente propia

El perno de arriba (más oscuro) pertenece al VAMTAC, y el de abajo al Aníbal. El diámetro nominal del perno del Aníbal es de 16mm, frente a los 12 mm del VAMTAC. Si es cierto que el Aníbal solo tiene 5 pernos frente a los 8 del VAMTAC, pero esto no es una gran influencia, pues es el peso del vehículo lo que más presión ejerce sobre los pernos. Por lo tanto, el perno del VAMTAC debería ser mucho más grande que el Aníbal.

Por otro lado, como se puede observar en la siguiente imagen, hay que detenerse en la evolución de la rueda del VAMTAC del modelo S3 al ST5. En la primera imagen (S3) se muestran los 8 pernos, distribuidos equitativamente. En la segunda imagen (ST5), vemos que estos pernos están más alejados del eje de la rueda.

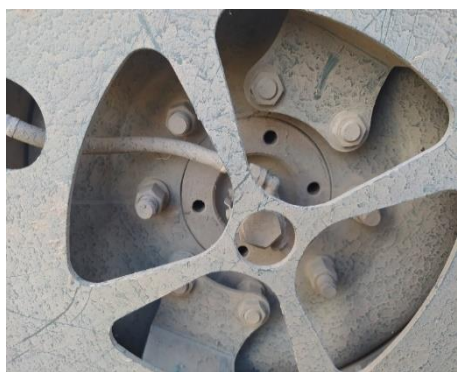


Ilustración 7: Rueda VAMTAC S3

Fuente propia



Ilustración 8: Rueda VAMTAC ST5

Fuente propia

Sin embargo, que se alejen del eje no soluciona el problema de la rotura de pernos, por sí mismo. Dado que el problema lo atribuimos, no solo al material (opinión compartida por el Jefe de Mantenimiento), sino también a una incorrecta distribución de cargas entre rueda y vehículo. Respecto al material se trata de un tornillo (perno) según norma ISO 4762 M12x55 en acero de resistencia 12.9. Este acero tiene propiedades mecánicas muy elevadas en especial el límite de fluencia y la dureza, si bien puede dar problemas si el modo de carga que soporta el tornillo es a

fatiga (cargas mecánicas variables)⁴, dado que presenta un límite de fatiga relativamente bajo. La tensión por perno se define como:

$$P = \frac{F}{n \cdot A} \quad (F = \text{FUERZA}; A = \text{ÁREA}; n = \text{n}^\circ \text{ de pernos})$$

Por tanto, el problema se podría resolver aumentando el área de los tornillos o el n° de tornillos que fija la rueda, además de modificando el material. Se observa que no existen casos de que estos tornillos estén deformados, con lo que nos dice que la fractura se produce frágilmente.

Otro de los problemas por los que esto puede suceder es por el templado del material. Esto quiere decir, que el tratamiento térmico empleado para endurecer los tornillos puede no ser el adecuado.

Trabajar sobre la tornillería del VAMTAC es algo que no produce costes excesivos y al mismo tiempo sale más económico a largo plazo, debido a que no se tiene que pedir tornillería de forma recurrente.

2.4.2. Disco de amarre

El disco de amarre es el lugar donde se ensambla la llanta con los pernos. Este disco de amarre contiene los 8 alojamientos para los pernos. Este elemento de la rueda no supone o genera ningún problema. Sin embargo, se tiene que tener en cuenta que es el alojamiento de los pernos, por lo que este elemento debe modificarse haciendo más grandes los huecos donde se insertan los pernos o ampliando el número de huecos donde alojar pernos.

En las siguientes imágenes podemos ver el explosionado de los ejes diferenciales de las ruedas. En la imagen 1, podemos ver el disco de amarre con los pernos ya integrados. En la imagen 2 podemos ver el explosionado de todo el eje diferencial y el disco de amarre (elemento 3).

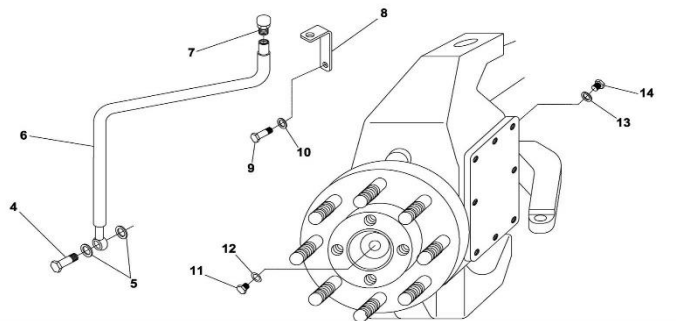


Imagen 1: Explosionado Ejes diferenciales 1

Fuente: Catálogos Ilustrados

⁴ Datos proporcionados por el Dr. Javier Pascual, ingeniero industrial y profesor del Centro Universitario de la Defensa-AGM

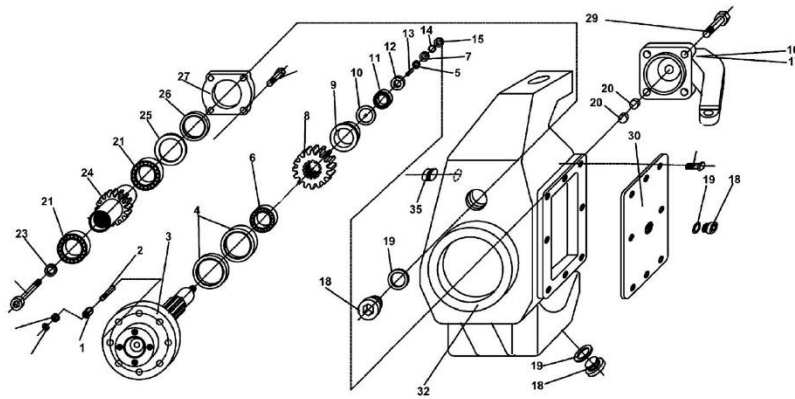


Imagen 2: Explosionado Ejes diferenciales 2

Fuente: Catálogos Ilustrados

2.4.3. Llanta

La llanta es el elemento sobre el que se monta el neumático, en esta pieza se establece el contacto con el perno y es donde se ejerce presión sobre estos. Este elemento hay que tenerlo en cuenta pues está fabricada del mismo material que los pernos. Por tanto, es necesario adaptar la llanta al número y tamaño de pernos que se proponga

En la imagen 3 se puede observar el explosionado de la rueda de un VAMTAC ST5, la llanta (elemento 1), tiene una anchura para el perno de 12 mm. Dicha anchura está ampliada hasta los 20 mm. Esto disminuye la presión sobre el perno, por la expresión matemática expuesta anteriormente⁵. La otra modificación que se adopta, es similar a la del disco de amarre: ampliar el nº de alojamientos para los pernos, o ampliar el tamaño del hueco para pernos más grandes.

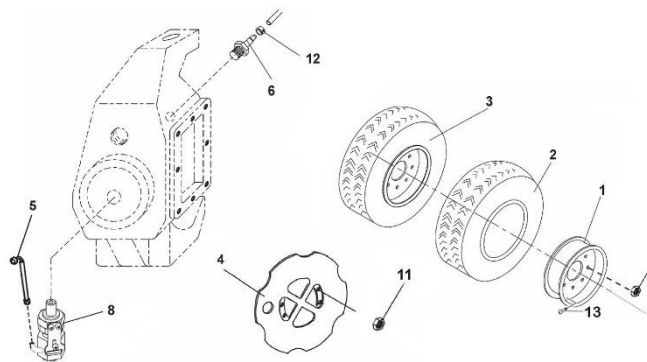


Imagen 3: Explosionado Rueda

Fuente: Catálogos Ilustrados

2.4.4. Elementos de freno

En las diferentes entrevistas con el Stte, al tratar el tema de las ruedas, los problemas que tienen van mucho más allá de solo una rotura de pernos por material defectuoso. Pues el material

⁵ Véase 2.4.1

de todo el sistema de palier, grupo cónico diferencial, etc. es un material poco resistente y defectuoso, además de una mala relación peso-tamaño de los materiales, pues esto hace soportar más peso a unos materiales “débiles” y que en comparativa con un Aníbal tiene poca superficie (pernos, discos de freno, pastillas de freno, etc).

El Aníbal tiene otros problemas, que en el VAMTAC están solucionados. Pero el VAMTAC tiene las dimensiones de las componentes iguales o más pequeños, siendo aproximadamente 6 toneladas de peso frente a las 2 toneladas del Aníbal. En las siguientes fotografías se pueden ver con claridad la comparación de dimensiones de diferentes partes de las ruedas del VAMTAC y del Aníbal:



Ilustración 9: Disco de freno VAMTAC (Izquierda) y Aníbal (Derecha)

Fuente Propia



Ilustración 10: Pastilla de freno VAMTAC (Izquierda) y Aníbal (Derecha)

Fuente Propia

En las siguientes imágenes se pueden ver los explosionados de la pastilla de freno, el sistema de freno y el disco de freno:

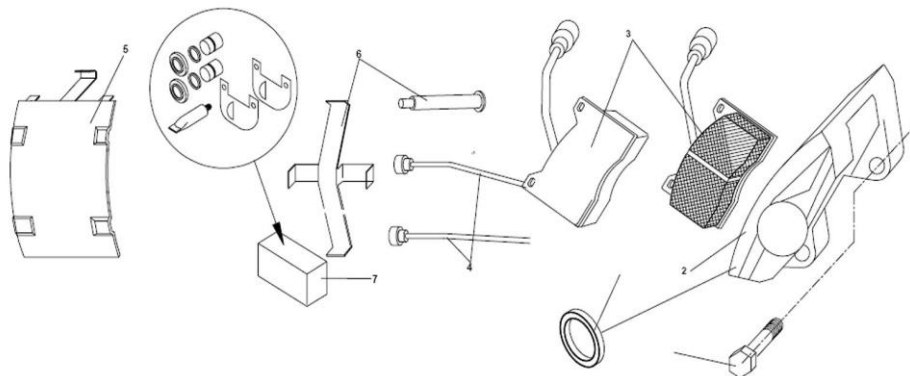


Imagen 4: Explosionado sistema de frenos

Fuente: Catálogos Ilustrados

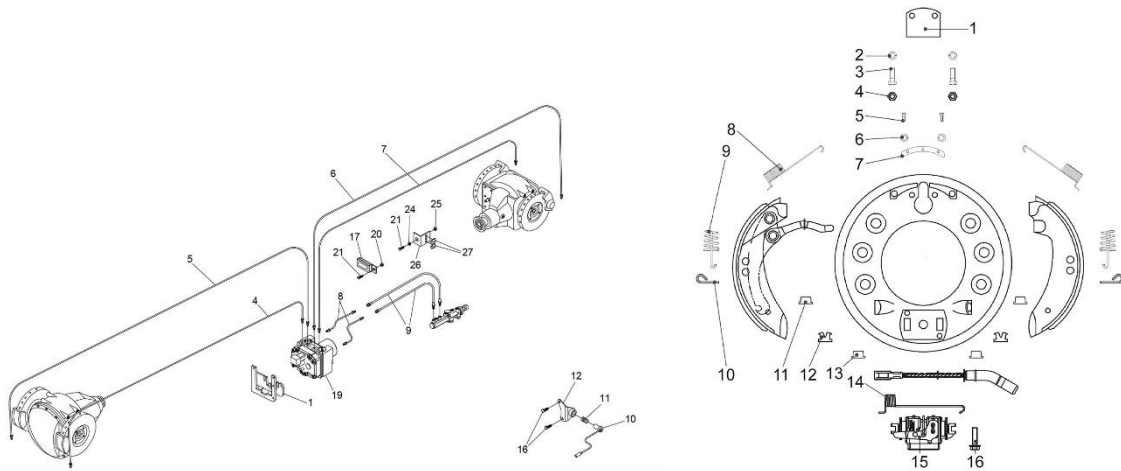


Imagen 5: Explosionado sistema de freno y disco de freno

Fuente: Catálogos Ilustrados

Una vez que se han visto los problemas en profundidad y se han propuesto como se va a solventar el problema, en el siguiente apartado se profundiza sobre estas propuestas.

3. Mejora del vehículo

Como se ha comentado anteriormente, el VAMTAC dispone de diferentes pernos en sus ruedas, que le permiten sujetar la rueda al VAMTAC y que su rotura puede llegar a producir que se pierda la rueda provocando un grave accidente tanto en carretera, como en campos de maniobras.

Por ello he decidido realizar una mejora en el vehículo para solucionar el problema provocado en la rueda por los pernos y sus derivados accidentes. De este modo, dicho problema se debería trabajar en 4 ámbitos:

1. Poner pernos con mayor límite de fatiga
2. Poner pernos de métrica 16 mm
3. Asegurar la calidad de los materiales
4. Cambiar las dimensiones de las piezas
5. Trabajar sobre la forma de llanta, el buje y su hueco para pernos

Continuando con lo explicado antes, la Unidad debe solicitar los pernos nuevos mediante abastecimiento Sin embargo, para evitar este continuo ciclo logístico por unos pernos, la Unidad suele destinar dinero para comprar pernos, los cuales no suelen partirse tan fácilmente al estar hechos de otro material. El problema radica en que no pueden destinar continuamente dinero para ello, pues se debería realizar mediante las peticiones de abastecimiento

Asimismo, se produce un desgaste desproporcionado de los sistemas de freno debido a su tamaño, es por ello que la manera de mejorar este sistema de frenado sería:

1. Cambiar el diseño de las pastillas de freno
2. Aumentar el tamaño y grosor de los discos de freno

Tras barajar las diferentes posibilidades de mejora se destacan las siguientes:

- La primera mejora consiste en aumentar el tamaño del perno, de esta manera aumentaría la superficie de contacto y se distribuiría más la presión del peso del vehículo sobre las ruedas.
- La segunda mejora consiste en modificar el disco de amarre o buje ampliando huecos para aumentar el número de pernos o aumentar el tamaño de los mismos.
- Modificar el tamaño de los discos de freno y las pastillas de freno.
- Otra mejora es la posibilidad del cambio de material de algunas partes del vehículo, estas partes son las llantas y los pernos de rueda que van acoplado a estas.

3.1. Perno de rueda

En la mejora que se propone, se ha ampliado el diámetro de rosca, pasando de 12 mm a 16. Aumentando también su longitud en 20 mm (debido al aumento de anchura de la llanta). Se ha invertido la hélice de la rosca girando al sentido contrario. Este último detalle se ha hecho pensando en la fuerza centrípeta y la tuerca que lo aprieta, es decir, al girar las ruedas en sentido de las agujas del reloj, la fuerza centrípeta hace que los pernos giren en sentido contrario a las agujas del reloj, por tanto, al estar en este sentido, la tuerca se apretaría en el caso de aflojarse. En caso de estar apretada no sucedería nada. Se puede observar en la siguiente figura⁶:

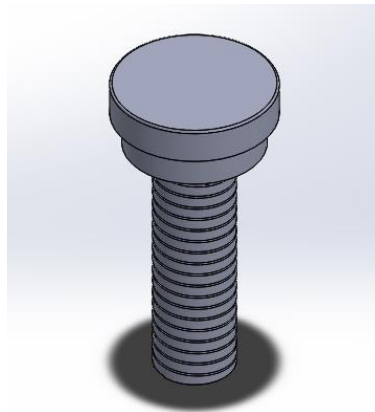


Figure 1: Perno diseñado con SolidWorks

Fuente Propia

⁶ Todos los planos de las figuras diseñadas con SolidWorks están en ANEXO 3: PLANOS

3.2. Disco de amarre

En el disco de amarre se ha realizado la mejora de dos maneras:

- Aumentando el n° de alojamientos para pernos
- Aumentando el tamaño de los alojamientos para pernos

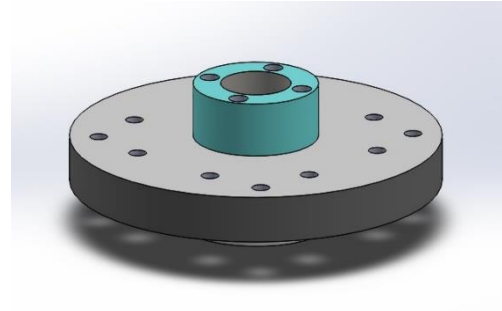
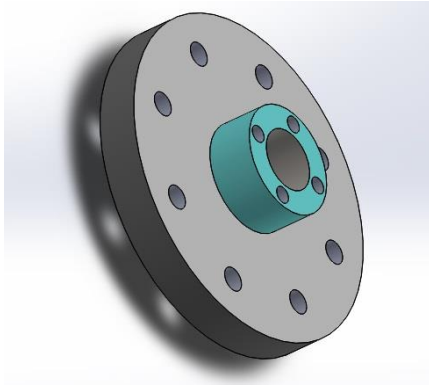


Figure 2: Disco de Amarre diseñado con SolidWorks

Fuente Propia

3.3. Llanta

En la llanta se han realizado las mismas mejoras que en el disco de amarre. Se han realizado dos tipos de modificaciones y, por ello, dos modelos distintos:

- Aumentando el n° de alojamientos para pernos
- Aumentando el tamaño de los alojamientos para pernos

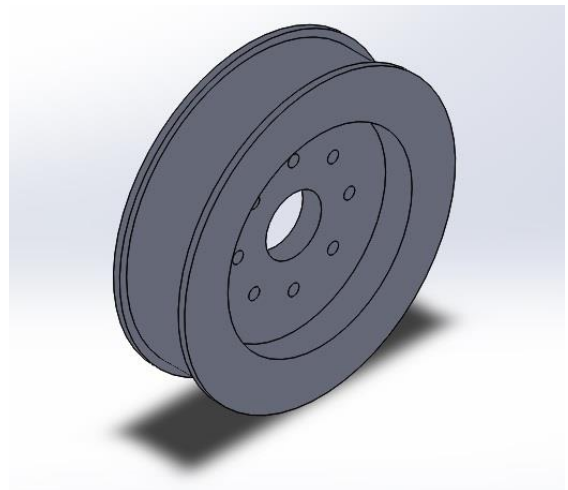
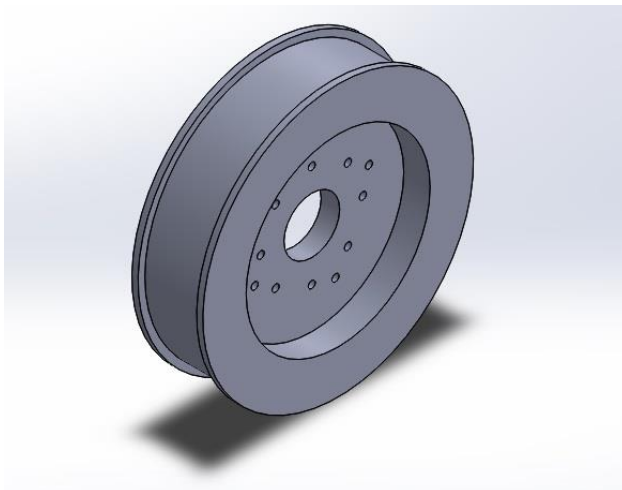


Figure 3: Llanta diseñada con SolidWorks

Fuente Propia

3.4. Elementos de freno

En las pastillas de freno se ha realizado una modificación mucho más significativa. Se ha aumentado el tamaño de la pastilla de freno y continúa manteniendo el sistema de refrigeración, de esta manera se busca conseguir un menor desgaste de las pastillas de freno al haber aumentado el tamaño. Además, el disco de freno ha aumentado de grosor (de 30 mm a 35 mm) y ha aumentado la ventilación del disco interno.

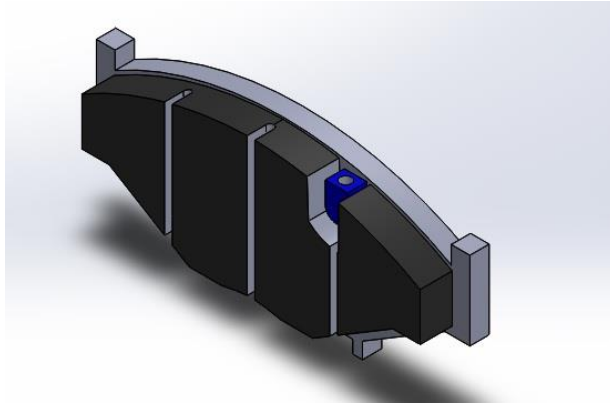


Figure 5: Pastilla de freno Diseñada con SolidWorks

Fuente Propia

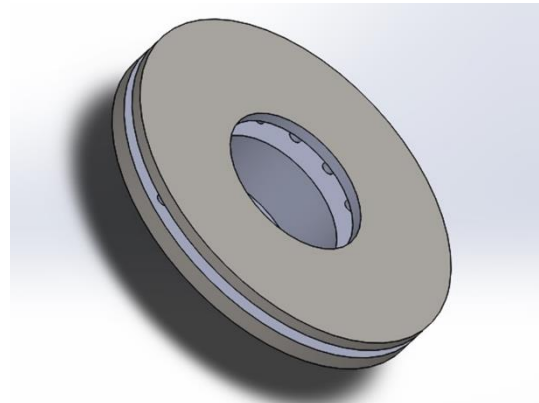


Figure 4: disco de freno diseñado con SolidWorks

Fuente Propia

3.5. Cambio de materiales

El cambio del tipo de material es una opción viable siempre y cuando se seleccionen un acero de alta resistencia con mayor límite de fatiga. Este objetivo se cumple con tornillos de clase 9.8 ó 10.9 (Ver Tabla 1), sin mermar en exceso la resistencia mecánica del tornillo.

DIN: Deutsches Institut für Normung			
NUMERO DE GRADO	MATERIAL	CARGA DE PRUEBA (MPA)	ESFUERZO DE RUPTURA (MPA)
4.6	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	225	400
4.8	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	310	420
5.8	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	380	520
8.8	Acero al carbono, templado y revenido	600	830
9.8	Acero al carbono, templado y revenido	650	900
10.9	Acero de bajo carbono martensítico, templado y revenido	830	1040

Tabla 1: Lista de materiales

Fuente www.lacasadelperno.com

3.6. Viabilidad técnica y operativa

El VAMTAC ST5 tiene, por tanto, un fallo de serie que proviene de fábrica, según los datos obtenidos del personal de mantenimiento, la mala fabricación de los tornillos, por material o el sistema de templado, pero ello hace que provoque la rotura de los pernos de las ruedas en cada salida que realizan los vehículos.

Que se solucionase este problema conllevaría un aumento de la operatividad del Bón., un alivio en los talleres de mantenimiento de las Unidades, y de todas las Unidades que trabajasen con el VAMTAC, y, en consecuencia, un ahorro de dinero a largo plazo del ET.

Por tanto la mejor manera de solucionar este problema, como se ha comentado anteriormente, sería trabajar sobre el perno y su proceso de fabricación.

Conforme a la legislación y el contrato firmado con UROVESA, está permitido realizar modificaciones al mismo, pues, de acuerdo con el Manual de Reformas de Vehículos las piezas no afectan a los sistemas del vehículo. Todo ello, de conformidad con la normativa de contratos públicos. Asimismo, la modificación del diseño del vehículo o alguna de sus partes podría afectar a la garantía, debido a que UROVESA pone como condicionante que “dicha garantía quedará anulada cuando se efectúen reformas o instalaciones no autorizadas”. Tal problemática, sin embargo, se soslaya, pues la garantía tiene una duración de dos años, por tanto, teniendo en cuenta que todos los vehículos fueron adquiridos hace más de dos años, las modificaciones pertinentes no afectarían sobre su vigencia. Por ello, los vehículos comprados antes de 2018, no se verían afectados. Las nuevas adquisiciones que están previstas (663 adquisiciones) antes de 2025, si se verían afectadas por dicha modificación.⁷

UROVESA no solo trabaja con el ET, sino también con otros ejércitos como el portugués⁸ (como podemos ver en el titular de la siguiente noticia), el marroquí, el paraguayo y países como Malasia y Argentina. Es por ello que, estos también serían beneficiarios de esta mejora en los cambios que se van a proponer sobre las ruedas o los sistemas de freno. De esta forma se favorecerían las relaciones entre los diferentes beneficiados. Quedando, de este modo, los stakeholders de la siguiente manera:

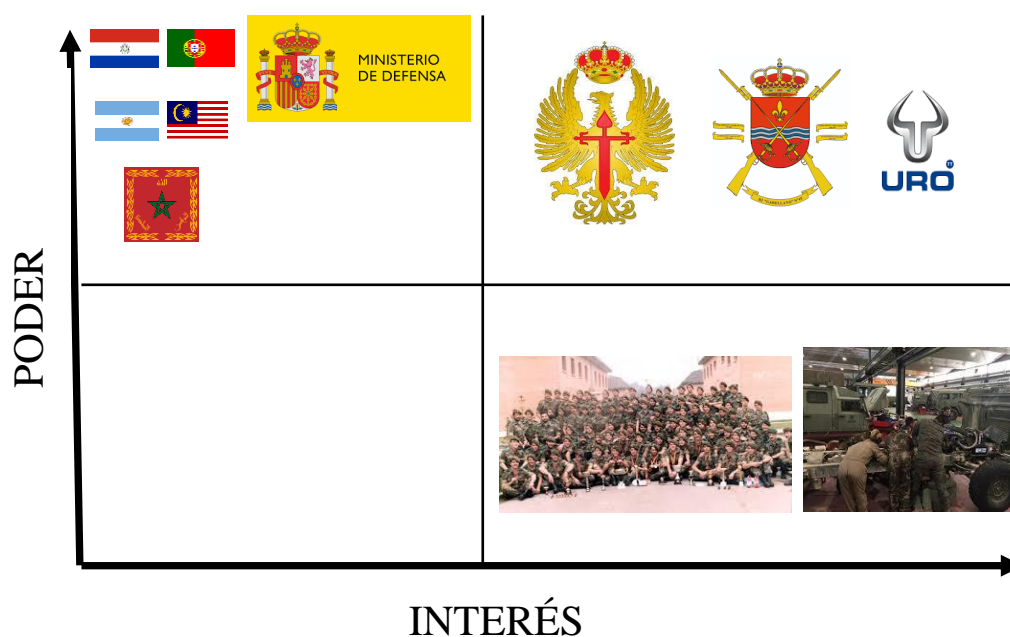


Figure 6: Stakeholders

Fuente Propia

⁷ “El 29 de mayo de 2013 se firma un nuevo contrato por 772 vehículos para los tres Ejércitos y la UME. Y en 2020 se anunció la adquisición de hasta 663 más para varias ramas de las FAS, que debería completarse antes de 2025” (Wikipedia, s.f.)

⁸ “UROVESA, la empresa española que fabrica los blindados todoterreno del Ejército portugués”. (Villarejo, 2019)

En la figura de *Stakeholders* se observan, por tanto, la distribución de los interesados y sus posiciones de poder frente a llevar a cabo el proyecto. Los más interesados y con menos de poder serían los talleres de mantenimiento y segundo escalón, seguidos del personal que trabaja y realiza los ejercicios con el VATMAC.

En las posiciones de mismo interés y con más poder sería la propia empresa UROVESA, por la reputación que este proyecto pueda repercutir en sus relaciones comerciales, además del propio Regimiento de Garellano 45, pues es quien está interesado en instruirse lo mejor posible, y esto no es posible sin poder usar los vehículos, incluyendo el dinero que destina a solucionar un problema en lugar de poder dedicarlo a otro tipo de cosas

Por último, con menos interés pero mucho poder sería el Gobierno de España y el Ministerio de Defensa, pues es de quien depende el ET para llevar a cabo este proyecto. El resto de países y ejércitos tienen un alto poder de influencia, siendo UROVESA la empresa española que se relaciona con ellos y pueden influir en sus decisiones.

3.7. Viabilidad económica

Es necesario realizar un análisis económico de lo que estos cambios supondrían al ET, y al mismo tiempo si estos cambios serían viables llevarlos a cabo debido al coste que supongan.

Los costes se pueden ver reflejados en la siguiente tabla, donde se valoran las opciones que se tienen en cuenta, pues algunas no se pueden escoger sin las otras, como se analizará más adelante⁹. Teniendo en cuenta que en 2013 se adquirieron 772 vehículos para los 3 Ejércitos y la UME (Unidad Militar de Emergencia), llevaría a un costo total de:

Elemento	Diseño nuevo (Precio por unidad)	Precio diseño actual cambiando el material (Precio unitario)	Opción de los elementos de 8 agujeros	Opción de los elementos de 12 agujeros
Perno viejo	X	12,43 €	X	149,16 €
Perno nuevo	13,56 €	X	108,48 €	X
Disco de amarre	X	288,87 €	266,75 €	267,42 €
Llanta	X	548,78 €	524,92 €	538,20 €
Pastilla de freno	189,60 €	189,60 €	189,60 €	189,60 €
Disco de freno	183,39 €	183,39 €	183,39 €	183,39 €
Total por VAMTAC ST5	X	4.121,35 €	3.973,59 €	4.192,11 €
TOTAL	X	3.181.682,20 €	3.067.611,48 €	3.236.308,92 €
Gastos de logística (6,5%) ¹⁰	X	3.388.491,54 €	3.267.006,23 €	3.446.669 €

Tabla 2: Lista de precios

Fuente Propia

⁹ Véase 3.8

¹⁰ (Logística, transporte, paquetería y almacenaje, s.f.)

3.8. Análisis de las propuestas

Para llevar a cabo el análisis de las propuestas vamos a recurrir al análisis de riesgo y a las matrices DAFO. Estas herramientas las usaremos para determinar cuáles de nuestras mejoras se pueden llevar a cabo o cuales son ineficaces, tal y como se incluye al final de este apartado.

Antes de ello, voy a explicar en qué consiste las matrices de riesgo para desechar unas opciones u otras. Las matrices se dividen en tres tipos de riesgos en función del tipo de impacto y la probabilidad con la que ocurra sobre los diseños que han propuesto:

- Riesgos bajos: la probabilidad de que ocurra es baja y su impacto sería bajo, se asumirían las consecuencias si ocurre.
- Riesgos moderados: se llevaría un control sobre el riesgo debido a que la probabilidad de que ocurra es mayor, y en caso de que sucediera tenerlo controlado.
- Riesgos Altos/Críticos: se plantearían acciones para mitigar el impacto en caso de que sucediera y acciones para evitar que sucediera, debido a que las probabilidades son altas.¹¹
 - **Perno de rueda**

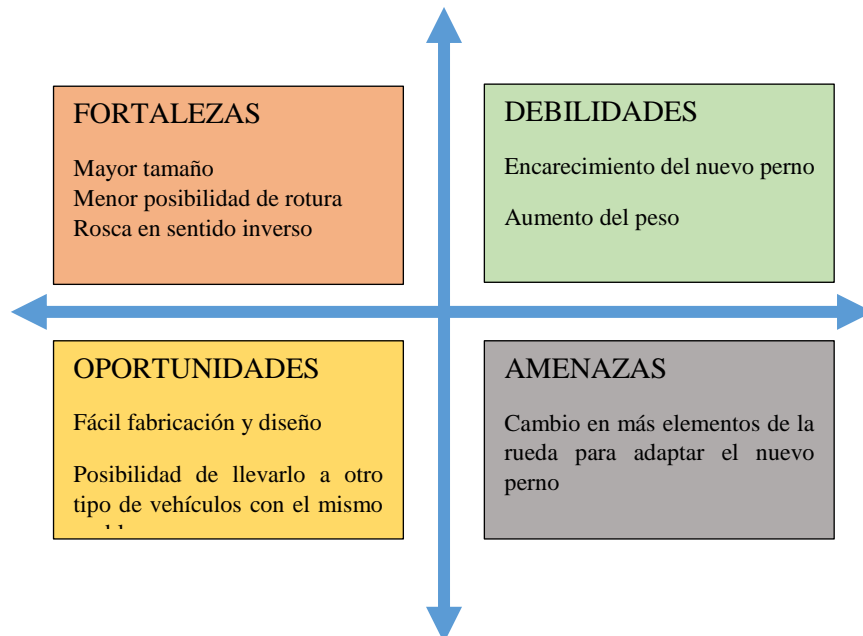


Figure 7: Análisis DAFO

Fuente Propia

Con los diferentes resultados obtenidos en la matriz DAFO se va a proceder a analizar los riesgos que se pueden tener

RIESGOS IDENTIFICADOS
1. Encarecimiento del nuevo perno
2. Aumento del peso
3. Cambio en más elementos de la rueda para adaptar el nuevo perno

Tabla 3: Riesgos perno

Fuente Propia

¹¹ Torralba, M. & Sancho, J. (2018). Oficina de proyectos. Tema 5 - gestión de riesgos

Probabilidad	Alta		1	1
	Media	1		
	Baja			
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Clase riesgo	
Alto	1
Alto – Medio	1
Medio	1
Bajo	0
Total	3

Los riesgos encontrados en el cambio del nuevo perno son: Alto, Alto-medio y otro medio.

El riesgo crítico hace referencia a “cambio de más elementos de la rueda para adaptar el nuevo perno”. Esto sí sería de gran impacto, pues escoger esta opción nos obliga a cambiar otro tipo de elementos de la rueda como serían la llanta y el disco de amarre, aumentando más el coste de esto. Este último riesgo viene ligado al riesgo “encarecimiento del nuevo perno” (Riesgo alto-medio), pues no es el coste mismo del perno, sino de todos los elementos a cambiar. El riesgo del “aumento del peso” es probable que suceda, pues el tamaño es mayor, pero tiene un bajo impacto pues no aumenta tanto como para considerar que afecte a su funcionamiento o entorpecer el desempeño del vehículo.

- **Disco de amarre**

En este caso, se van a estudiar los dos discos de amarre de forma simultánea, pues son dos modelos similares y sus matrices van a ser similares. Del mismo modo, se pueden ver de forma simultánea las diferencias que existen entre ambos modelos.

Disco de amarre de 12 agujeros

Disco de amarre de 8 agujeros

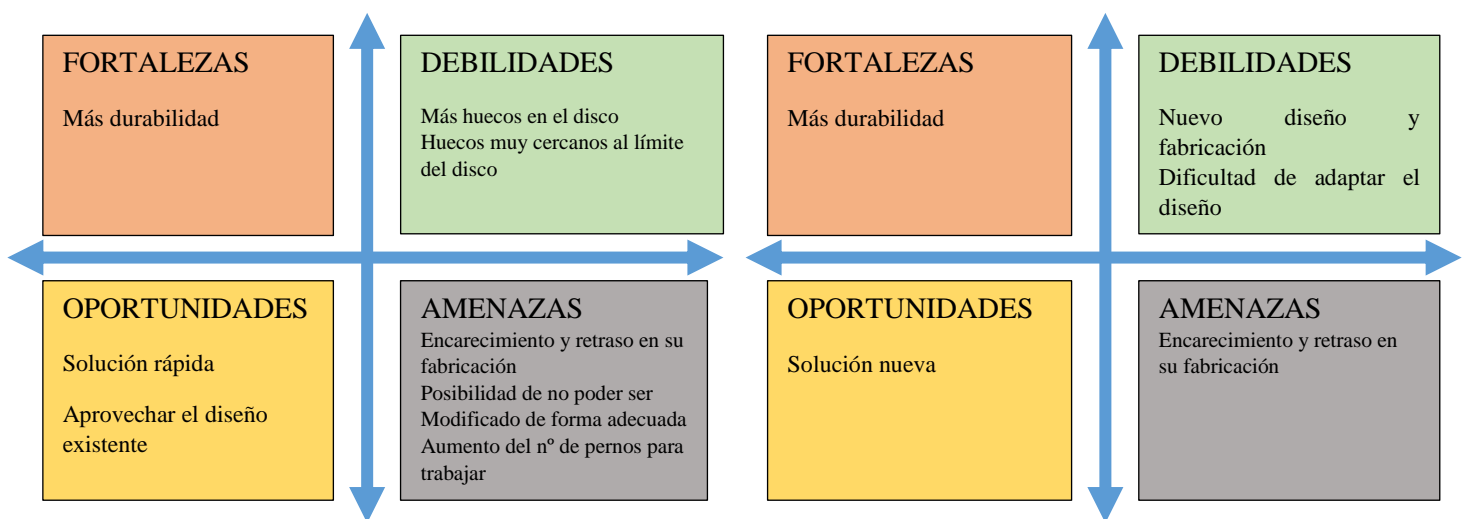


Figure 8: Análisis DAFO

Fuente Propia

RIESGOS IDENTIFICADOS	
1.	Posibilidad de no poder ser modificado de forma adecuada
2.	Encarecimiento y retraso en su fabricación
3.	Huecos muy cercanos al límite del disco
4.	Aumento del nº de pernos para trabajar
5.	Más huecos en el disco

RIESGOS IDENTIFICADOS	
1.	Nuevo diseño y fabricación
2.	Encarecimiento y retraso en su fabricación
3.	Dificultad de adaptar el diseño

Tabla 4: Riesgos discos de amarre

Fuente Propia

Probabilidad	Alta	1	3	1
	Media	1	1	1
	Baja	1	1	1
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Clase riesgo	
Alto	1 / 0
Alto – Medio	3 / 1
Medio	1 / 2
Bajo	0 / 0
Total	4 / 3

Por parte del disco de amarre con 12 agujeros tenemos 4 riesgos. El riesgo más preocupante es “huecos muy cercanos al límite del disco”, pues al estar más cerca de este es más posible que pueda romper, además que se reduce el material en el disco.

Otros tres riesgos de tipo alto-medio son los riesgos, “aumento del nº de pernos para trabajar”, “posibilidad de no poder ser modificado de forma adecuada” y “encarecimiento y retraso en su fabricación”. El primero supone un mayor nº de cavidades, por tanto mayor trabajo y mayor aparatosidad para trabajar, pues se debería minimizar el nº de piezas conservando la mayor operatividad posible. Los otros dos riesgos de impacto medio al estar ligados entre sí, y un retraso en su fabricación posibilitan su encarecimiento.

El último riesgo, “más huecos en el disco”, está ligado con el riesgo crítico o alto, pues este aumento de números hace que exista más riesgo de ruptura, pero el aumento en sí mismo no supone un impacto alto o medio.

En el caso del disco de amarre con 8 agujeros tenemos 3 riesgos. El riesgo más preocupante sería el “encarecimiento y retraso en su fabricación”. Los otros dos riesgos son de nivel medio. El riesgo de “dificultad de adaptar el nuevo diseño” es de impacto medio y probabilidad media, pues no solo habría que adaptar este elemento de la rueda, sino otros dos más. Por último, el riesgo de “nuevo diseño y fabricación” es de probabilidad alta e impacto bajo, pues se tiene que realizar un nuevo diseño y llevarlo a cabo.

- **Llanta**

En el caso de la llanta, el análisis es igual que en el disco de amarre pues sus nuevas mejoras son las mismas, por tanto el resultado va a ser el mismo.

- **Elementos de freno**

Los elementos de freno que se han mejorado son las pastillas de freno y el disco de freno, se analizarán de forma simultánea.

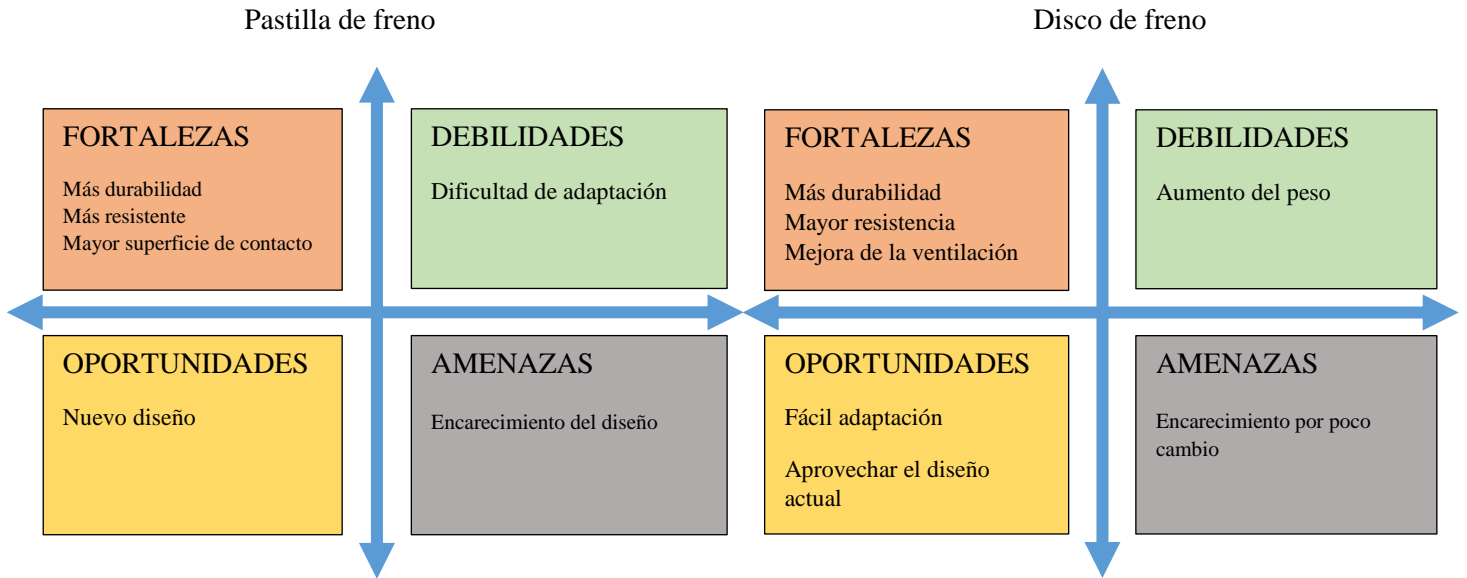


Figure 9: Análisis DAFO

Fuente Propia

RIESGOS IDENTIFICADOS
1. Dificultar de adaptación
2. Encarecimiento del diseño

RIESGOS IDENTIFICADOS
1. Aumento del peso
2. Encarecimiento por poco cambio

Tabla 5: Riesgos pastilla de freno y disco de freno

Fuente Propia

Probabilidad	Alta			1	1
	Media			1	
	Baja	1			
		Bajo		Medio	Alto
		Impacto			

Clase riesgo	
Alto	1 / 0
Alto – Medio	1 / 0
Medio	0 / 1
Bajo	0 / 1
Total	2 / 2

Como se puede observar, existen dos riesgos para las pastillas de freno: la dificultad para adaptarse (riesgo alto-medio) y el encarecimiento por llevar a cabo el diseño (riesgo medio). Sin embargo, es necesario adaptar este sistema de pastillas de freno, pues el modelo actual se desgasta con mucha rapidez y facilidad al ser tan pequeño.

En el análisis de riesgo del disco de freno podemos encontrar el aumento del peso (riesgo bajo) y el encarecimiento del nuevo disco y su ventilación por tan pocas modificaciones (riesgo medio).

- **Cambio de material**

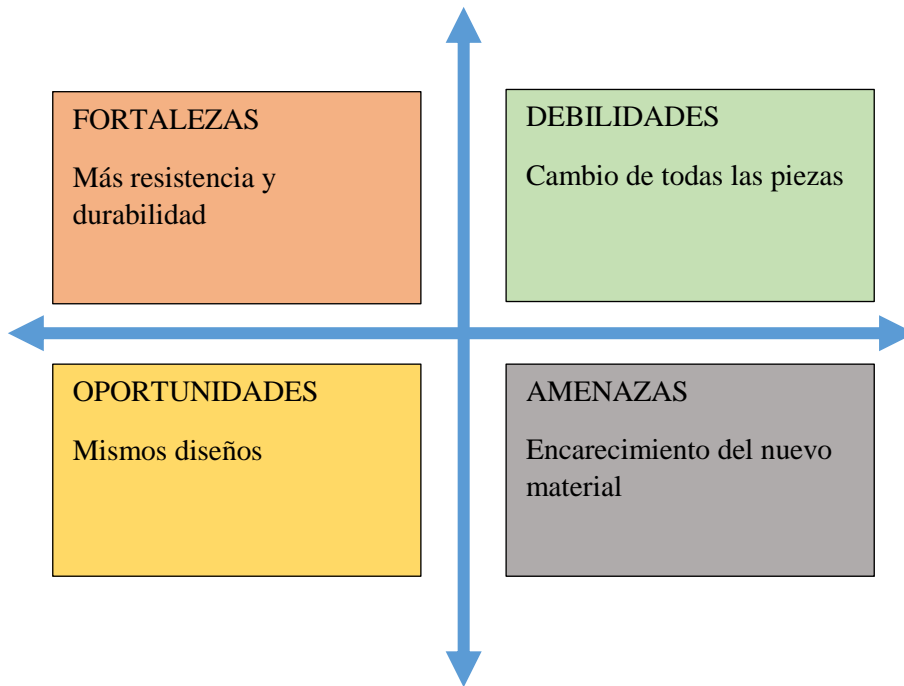


Figure 10: Análisis DAFO

Fuente Propia

RIESGOS IDENTIFICADOS	
1.	Cambio de todas las piezas
2.	Encarecimiento del nuevo material

Tabla 6: Riesgos cambio de material

Probabilidad	Alta			1	Clase riesgo		
	Media			1		Alto	1
	Baja					Alto – Medio	1
				Medio		0	
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	0
		Impacto			Total	0	

Como se observa en el análisis de riesgo del cambio de material, el mayor riesgo que se lleva a cabo es el cambio de todas las piezas. Pues llevar a cabo esta propuesta conlleva un cambio de todas las piezas del conjunto. El otro riesgo, encarecimiento del nuevo material, supone un riesgo pues al cambiar el material y usar uno más resistente es probable que el nuevo material sea más costoso.

Por tanto, después de analizar todas las propuestas de mejora, la opción más viable sería la siguiente:

Escoger los pernos nuevos, con la llanta y disco de amarre de 8 alojamientos. Pues esta es la opción que más probabilidades de que no se produzcan nuevas roturas. En esta opción se ha valorado el cambio de material, teniendo en cuenta que en todas las posibilidades se cambia el material, ya sea en los nuevos diseños o continuando con los antiguos. Por lo tanto, si en todas las opciones se cambia de material, es mejor hacerlo con la opción que se ha escogido.

Escogemos, también, esta opción frente a la opción de coger los mismos pernos, con más alojamientos en llanta y disco de amarre (12 alojamientos), pues esa opción es poco fiable al tener que realizar más alojamientos, teniendo que trabajar con más elementos en la rueda.

Por tanto, la opción de 8 pernos más grandes con sus correspondientes elementos, es la opción más viable tanto técnica como económicamente. Puesto que los discos de freno y las pastillas de freno es viable siempre y se puede llevar a cabo en todas las opciones.

Siendo el coste económico de esta opción 3.267.006,23 €, considerando los gastos de logística y que el cambio se tiene en cuenta para todas las adquisiciones adquiridas pasados los 2 años, no afectando a su vigencia de la garantía.

4. Conclusiones

Como hemos podido observar, las diferentes Unidades del Ejército de tierra se mueven en diferentes ámbitos de trabajo y con vehículos dispares entre sí (BMR, RG31, Lince, LMV,...), en todos estos vehículos existen problemas que afectan a la operatividad de la Unidad. Es por ello que, disminuir la saturación en los talleres es de gran importancia. Y más, cuando esta saturación es provocada por pequeños problemas que provocan que estén un alto número de semanas parado. De esta manera, los mecánicos y especialistas pueden destinar su tiempo a otros vehículos con mayores problemas.

Las unidades de infantería motorizada necesitan realizar una instrucción diaria con los vehículos de forma continuada. Esto no es posible si el vehículo permanece de forma constante y continua en el segundo escalón. Por ello, es necesario minimizar este tiempo lo máximo posible, reduciendo en los mantenimientos preventivos todos los problemas que se puedan subsanar en un primer momento sin que llegue a más.

Con las mejoras que se han propuesto para el VAMTAC ST5, aunque puedan resultar mínimas a primera vista, conseguimos que el vehículo se encuentre más tiempo operativo, disminuyendo el tiempo de estancia en el taller.

La primera de las soluciones propuestas, conlleva reducir el tiempo varado en taller por pequeños detalles como es una rotura de pernos, y todos los elementos que hay que cambiar para llevar a cabo esta disminución del tiempo en taller. Y es que la rotura de los pernos se ha detectado como un problema recurrente, al que hay que poner solución inmediata. Siendo estas medidas tomadas las siguientes:

- Poner pernos de métrica 16 mm
- Asegurar la calidad de los materiales
- Aumento de las dimensiones de la llanta, el disco de amarre y el perno

La segunda, se ha buscado aumentar el tiempo de vida de los elementos de freno a la vez que se buscaba una mejor frenada y reducir el calentamiento que se produce por la fricción de los materiales. Esta mejora ha sido posible por los diferentes cambios:

- Cambiar el diseño de las pastillas de freno
- Aumento del tamaño y grosor del disco de freno y una mejora en su ventilación

Podemos observar que, abaratar costes de producción puede llevar a destinar un dinero en solucionar grandes problemas generados por reducir gastos en pequeños detalles, como en este caso son los elementos sobre los que hemos trabajado. Siendo este coste de opción escogida de 3.973,59 € por vehículo. Este coste aumentaría cuantiosamente si se aplica a todos los VAMTAC ST5 de los 3 Ejércitos y la UME.

Para terminar, podemos concluir que el proyecto es viable de forma técnica y económica, ajustándose a la legislación sobre contratos públicos. El objetivo primordial es la búsqueda de la operatividad de nuestro Ejército, y este proyecto puede ayudar a que ese objetivo se logre.

Recopilación Legislativa

- 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.
- Real Decreto Ley 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 166/2010 de 19 de febrero por el que se aprueba el Reglamento de Catalogación del material de la Defensa.
- Real Decreto 750/2013, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- Real Decreto 764/1992 sobre materia de Calidad y Seguridad Industrial.
- 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.
- OM 65/93 sobre materia de Calidad y Seguridad Industrial.
- NM-V-2487 EMG 1 R Vehículos militares, preparación de superficies a pintar

Documentación Técnica Relativa a Modificaciones en Vehículos

- 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 carrocerero del vehículo, actualizado a la última edición.)
- Tarifarios Oficiales y Temparios Oficiales de Uro (fabricante del vehículo) o del fabricante original de sus componentes o del carrocerero 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 (FA's) dependientes del Ejército de Tierra (ET), ambas en su última edición en vigor.

Manuales de Consulta

- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2016). *Manual de Reformas de vehículos*.
- Torralba, M. & Sancho, J. (2018). *Oficina de proyectos. Tema 5 - gestión de riesgos*.
- URO VEHÍCULOS ESPECIALES S.A. (2010). *Manual de instrucciones y mantenimiento VAMTAC ST5*.
- URO VEHÍCULOS ESPECIALES S.A. (2018). *Vehículo de Alta Movilidad Táctico High Mobility Tactical Vehicle*.
- MT-032 URO ST5 BN1-BIVALENTE 2014 MANUAL DE USUARIO (págs.35-39, 117-133)

Bibliografía

45", R. d. (s.f.). *Libro de Acogida* .

Herrero, S. G. (2019). *Importancia de la logística y el mantenimiento en la operatividad de las unidades*.

Logística, transporte, paquetería y almacenaje. (s.f.). Obtenido de <http://www.logisticaytransporte.es/noticias.php/El-6,5-por-ciento-del-precio-final-de-un-producto-es-el-coste-de-la-log%C3%ADstica-y-el-transporte.-cl.-log%C3%ADstica,-estudio,-transporte/82087>

Mando, d. A. (s.f.). *Pliego de prescripciones técnicas para el suministro de respuestos de los vehículos tipo URO*. Obtenido de <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/8e72f87b-8dff-47e4-a8a2-83d8d3b2b116/DOC20170602100918PPT.pdf?MOD=AJPERES>

Mateos, F. F. (11 de Noviembre de 2010). *Atenea, Seguridad Y Defensa*. Obtenido de https://web.archive.org/web/20101117013230/http://www.revistatenea.es/RevistaAtenea/REVISTA/articulos/GestionNoticias_3258_ESP.asp

Military Today. (s.f.). Obtenido de http://www.military-today.com/trucks/uro_vamtac.htm

Miranda, C. (2016). *El nuevo "VAMTAC S3" blindado*. Obtenido de <https://docplayer.es/21171698-El-nuevo-vamtac-s3-blindado.html>

Motor, P. d. (s.f.). *URO VAMTAC*. Obtenido de <https://periodismodelmotor.com/tag/uro-vamtac/>

NEXOTRANS. (4 de Septiembre de 2020). Obtenido de NEXOTRANS: <http://www.nexotrans.com/noticia/99361/NEXOTRANS/Allison-equipa-los-nuevos-Vamtac-de-las-Fuerzas-Armadas.html>

perno, L. c. (s.f.). Obtenido de http://www.casadelperno.com/AyudaTecnica_Resistencia.html

Sanz, J. M. (31 de Marzo de 2020). *defensa.com*. Obtenido de [defensa.com](https://www.defensa.com/africa-asia-pacifico/terroristas-islamicos-destruyen-vamtac-st5-sahel): <https://www.defensa.com/africa-asia-pacifico/terroristas-islamicos-destruyen-vamtac-st5-sahel>

Torralba, M. &. (2018). *Oficina de proyectos. Tema 5 - gestión de riesgos*.

Villarejo, E. (Diciembre de 2019). *ABC Blogs*. Obtenido de ABC Blogs: <https://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/industria-de-defensa/urovesa-la-empresa-espanola-que-fabrica-los-blindados-todoterreno-del-ejercito-portugues.html>

Wikipedia. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/URO_VAMTAC

ANEXO 1: Encuesta

Encuesta VAMTAC ST5

Todas las preguntas que se realizan a continuación son sobre el vehículo VAMTAC ST5

1. ¿Cuál es su posición respecto al vehículo VAMTAC ST5?
 Tirador Conductor Jefe de Vehículo
 Fusilero Mecánico
2. ¿Cree que es un vehículo apto para Zona de Operaciones?
 SI NO
3. ¿Cuáles fueron los mayores problemas que ocasionaba el vehículo? ¿Y por qué cree que podría ser? (*pregunta abierta*)
4. ¿Cree que la potencia del motor es suficiente?
 Si No Lo desconozco
5. ¿Cree que está lo suficientemente protegido?
 Si No Lo desconozco
6. ¿Cree que el mantenimiento requiere mucha dificultad?
 Si No Lo desconozco
7. ¿Cree que el vehículo tiene las suficientes capacidades para realizar operaciones de infantería?
 Si No Lo desconozco
8. ¿Cree que es un vehículo desactualizado?
 Si No Lo desconozco
9. ¿Cuáles son los aspectos del vehículo que más fallan o más problemas dan? (*pregunta abierta*)
10. ¿Cuáles son los mayores problemas que cree que presenta? Marque el orden de mayor problema a menor donde 1 es el mayor problema y 10 el menor.

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Espacio en el maletero |
| <input type="checkbox"/> | Espacio en la parte trasera |
| <input type="checkbox"/> | Falta de comodidad para trabajar |
| <input type="checkbox"/> | Insuficiencia para realizar misiones de recuperación de vehículos |
| <input type="checkbox"/> | Insuficiencia para realizar recuperación de heridos y misiones sanitarias |
| <input type="checkbox"/> | Insuficiencia para realizar misiones de infantería (asaltos, reconocimientos de itinerarios,...) |
| <input type="checkbox"/> | Realización del tiro |
| <input type="checkbox"/> | Falta de protección en algunas de las partes del vehículo |
| <input type="checkbox"/> | Aguanta ataques de IED, RPG, emboscadas,... |
| <input type="checkbox"/> | Problemas generados por las ruedas (Pernos,...) |

11. ¿Qué mejoraría usted en el vehículo VAMTAC ST5? (*pregunta abierta*)
12. ¿Cómo cree que se podría actualizar? (*pregunta abierta*)

ANEXO 2: Entrevista

Las entrevistas fueron realizadas los días 11, 18, 25 de Septiembre y 2 y 9 de Octubre de 2020. Todas las entrevistas fueron realizadas de forma presencial. Realizándose un total de 8 entrevistas.

¿Cuáles son los fallos más comunes en el VAMTAC ST5?

¿Cuánto tiempo lleva de media cada vehículo en segundo escalón y por qué fallos?

¿Realmente es necesario más blindaje?

¿Qué errores había en el modelo S3? ¿Fueron subsanados en el modelo ST5?

¿Qué fallos trae las ruedas? ¿Sería factible solo un cambio de pernos?

¿Los elementos de freno están acordes al peso y tamaño del VAMTAC ST5?

¿Cuál es el problema con las ruedas en relación al perno?

¿Está capacitado para realizar misiones de Infantería?

¿Tiene capacidad suficiente para llevar a cabo misiones de rescate de heridos, EVASAN,...?

¿Qué problema tiene el cabestrante?

En referente al puesto táctico del JV ¿Cree que un soporte para Tablet ayudaría al JV en sus cometidos?

ANEXO 3: Planos

1

2

3

4

A

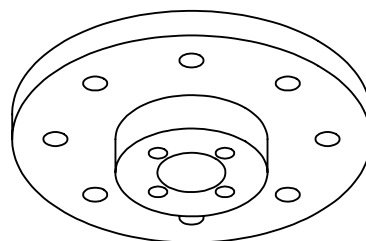
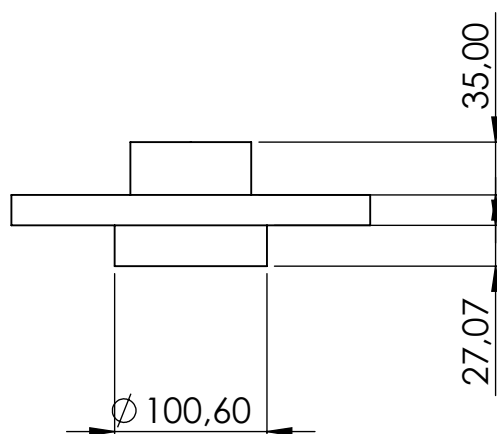
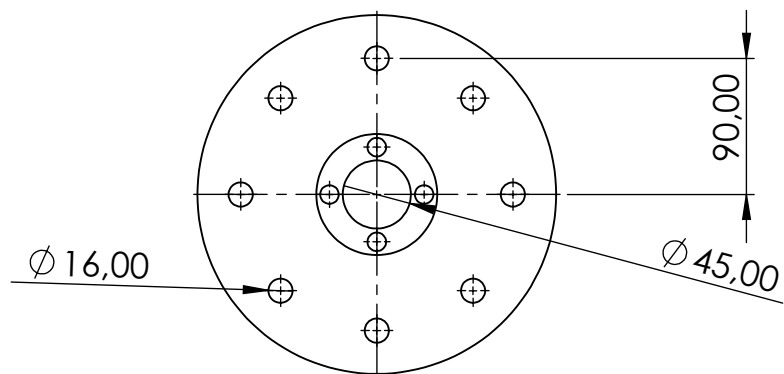
B

C

D

E

F



Dibujado: CAC Daniel Berjano Barriocanal

Sc:

Título:

Comprobado: Infatnería



DISCO DE AMARRE



Escala:

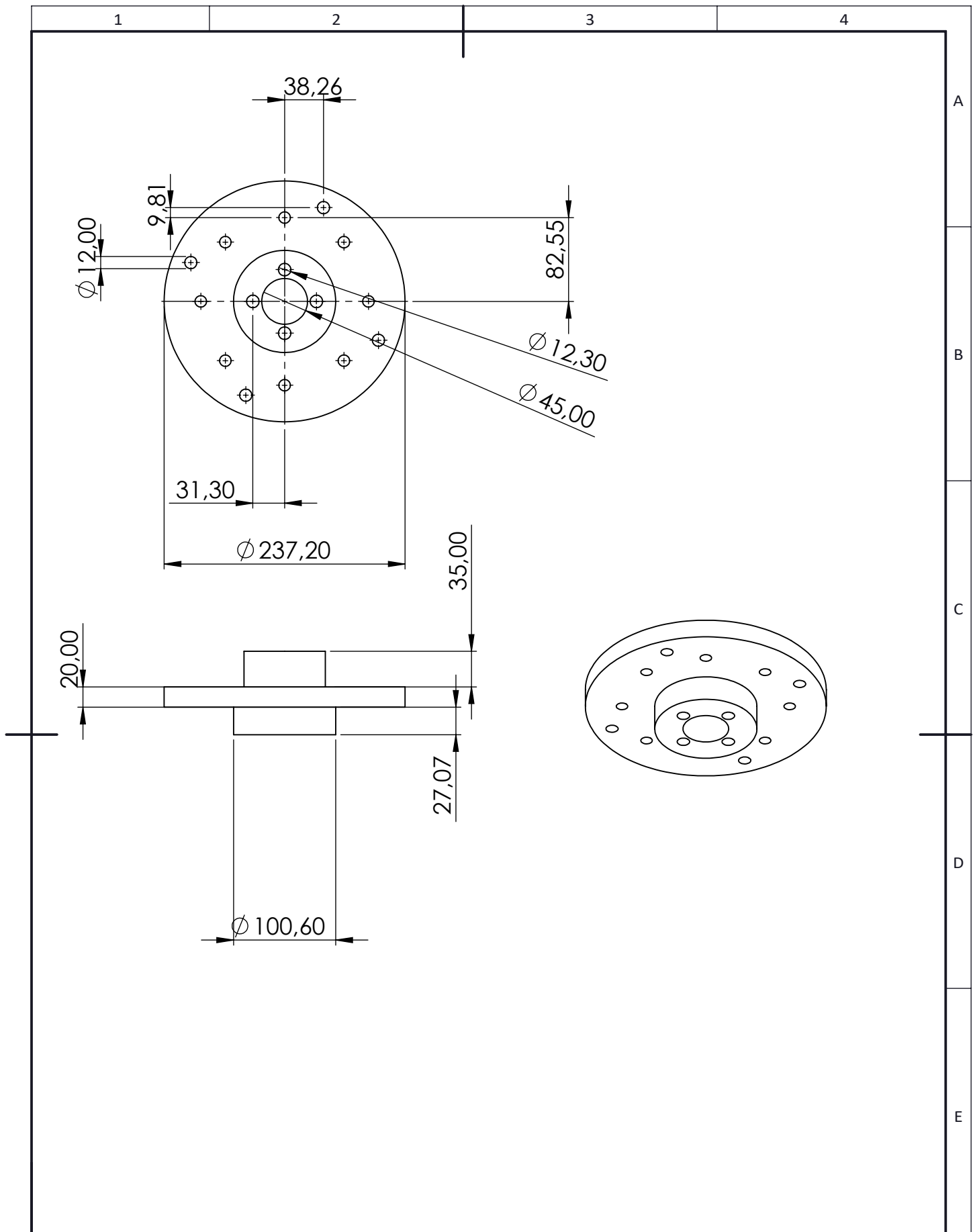
1:5

Tipo de plano:

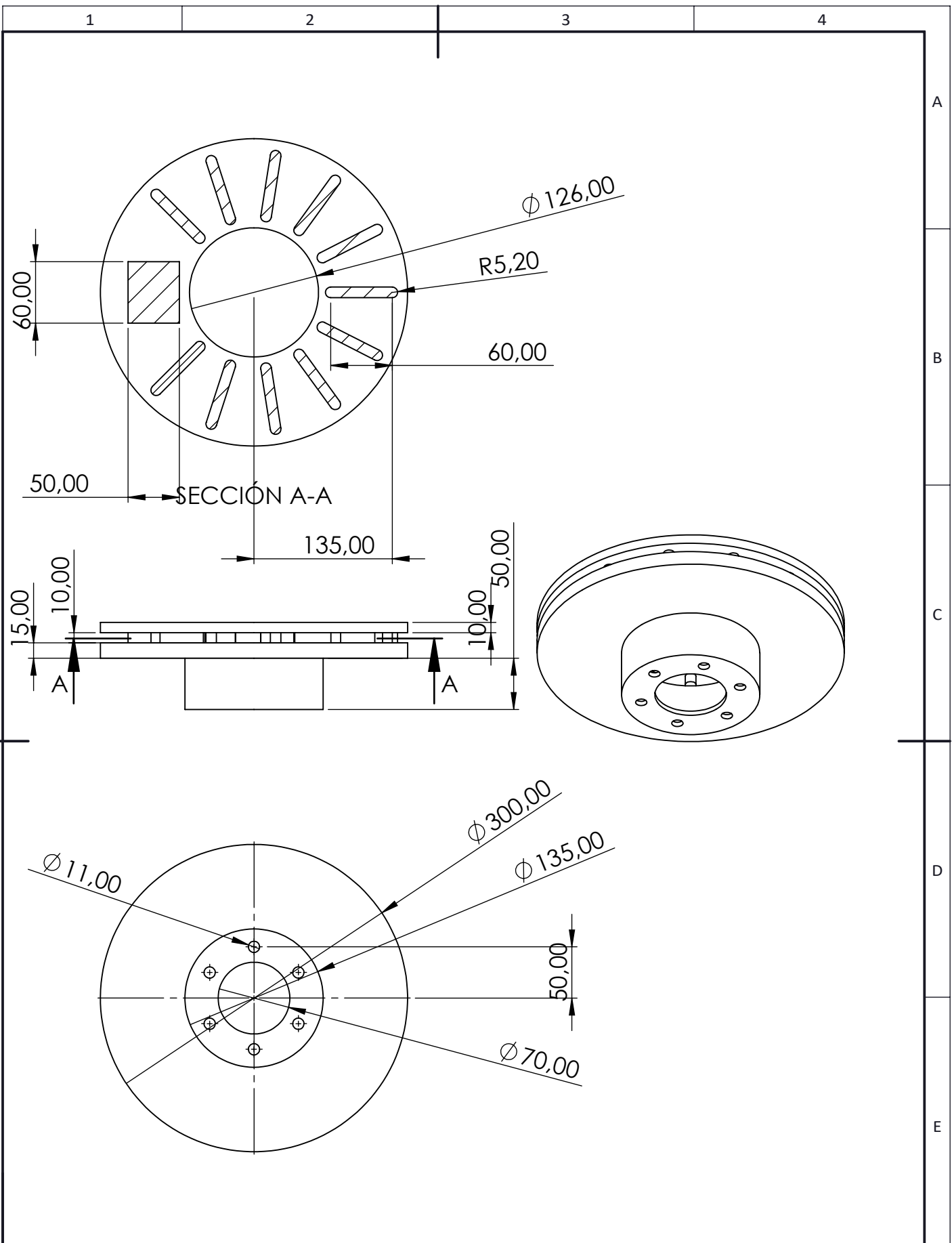
Fecha: 29/10/2020


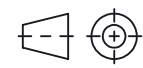
Nº de plano:

Hoja: /



Dibujado: CAC Daniel Berjano Barriocanal	Sc:	Título: DISCO DE AMARRE CON 12 AGUJEROS
Comprobado: Infantería		
	Escala: 1:5	Hoja: /
	Tipo de plano:	
		Nº de plano:



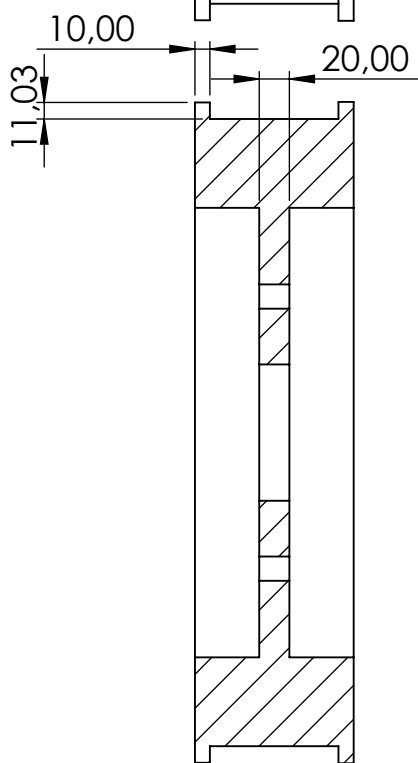
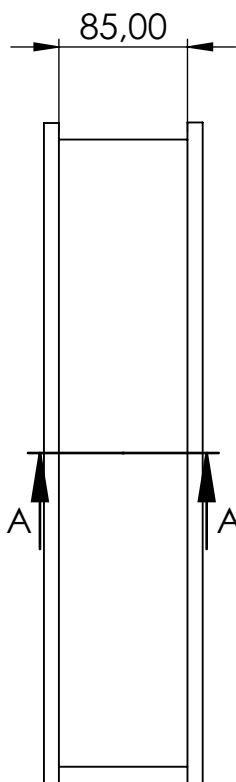
Dibujado:	CAC Daniel Berjano Barriocanal	Sc:		Título: DISCO DE FRENO			
Comprobado:	Infantería						
							
		Escala: 1:5					
Tipo de plano:		Fecha:	21/10/2020	Nº de plano:		Hoja:	/

1

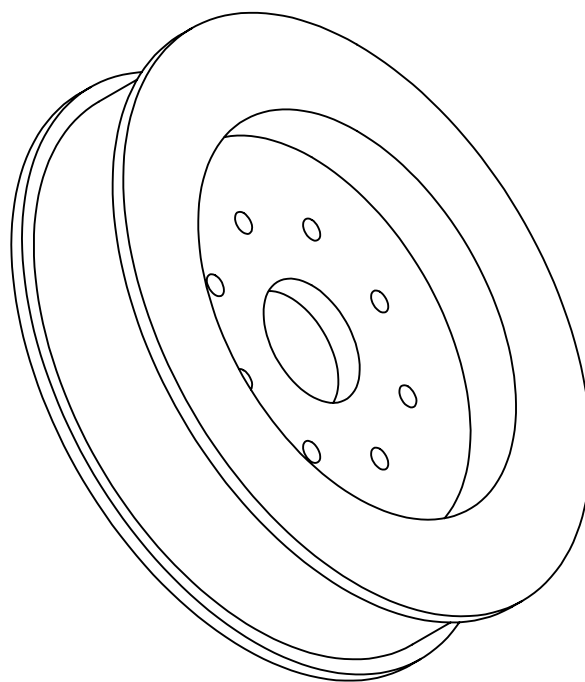
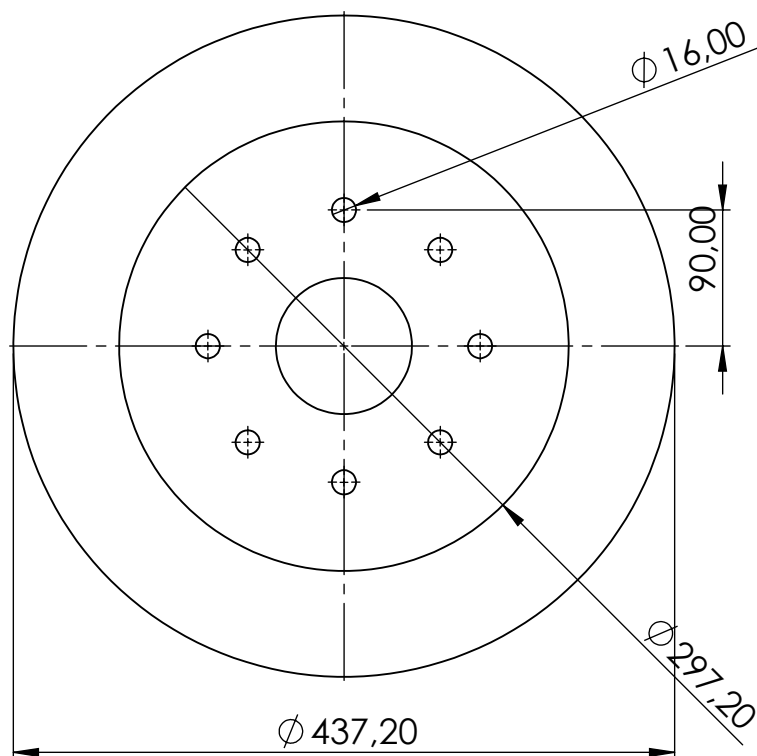
2

3

4



SECCIÓN A-A



A

B

C

D

E

F

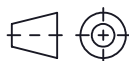
Dibujado: CAC Daniel Berjano Barriocanal

Sc:

Título:

Comprobado:

Infantería



LLANTA CON 8 AGUJEROS



Centro Universitario
de la Defensa Zaragoza

Escala:

1:5

Tipo de plano:

Fecha: 29/10/2020

Nº de plano:

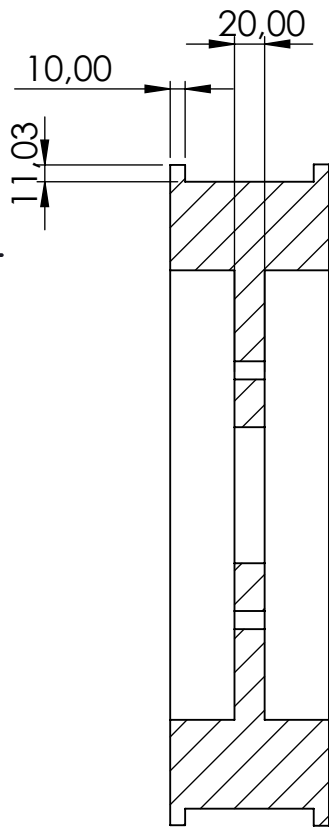
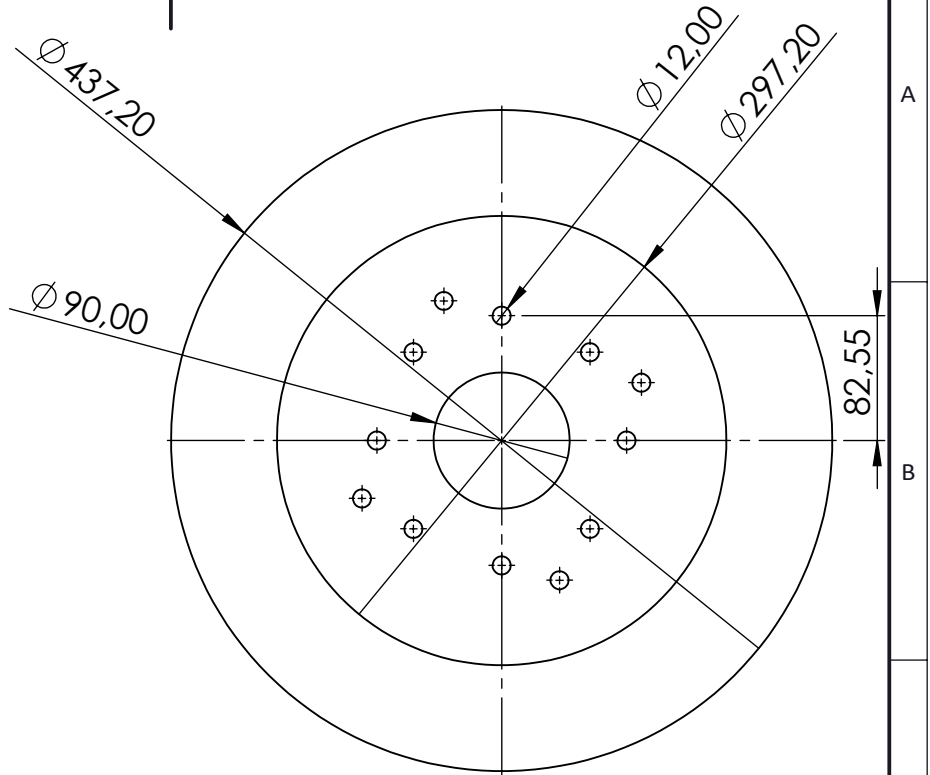
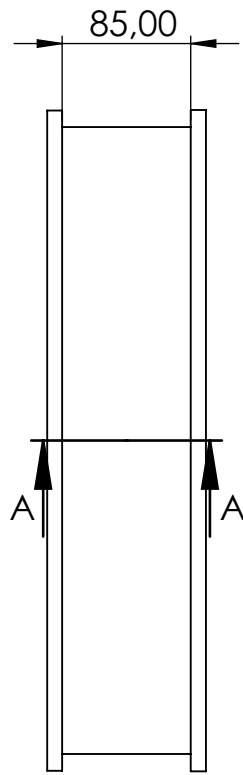
Hoja: /

1

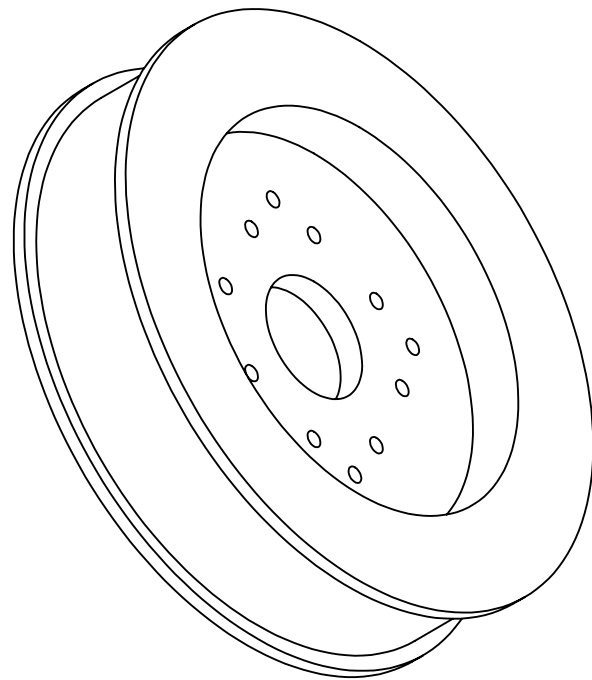
2

3

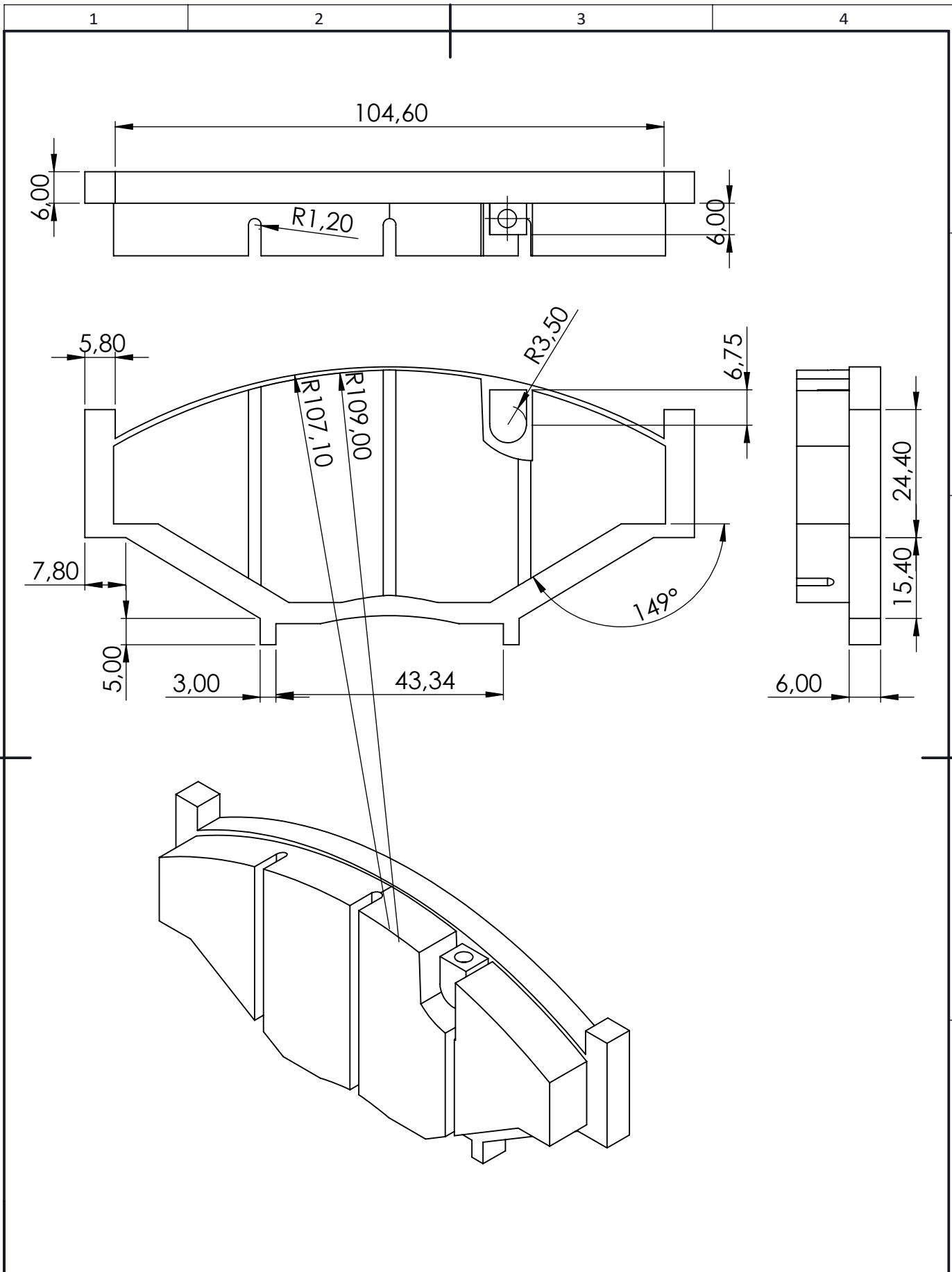
4



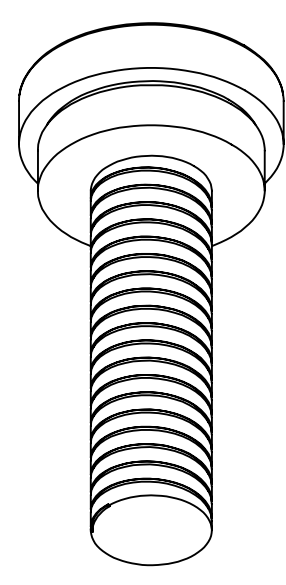
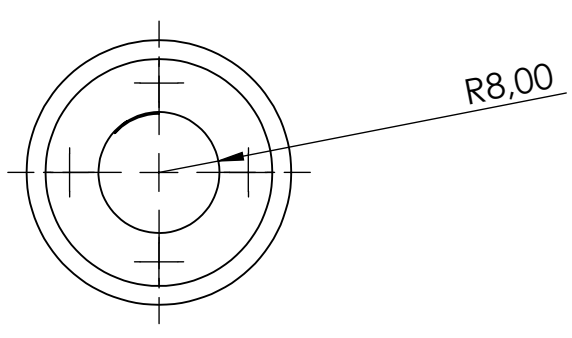
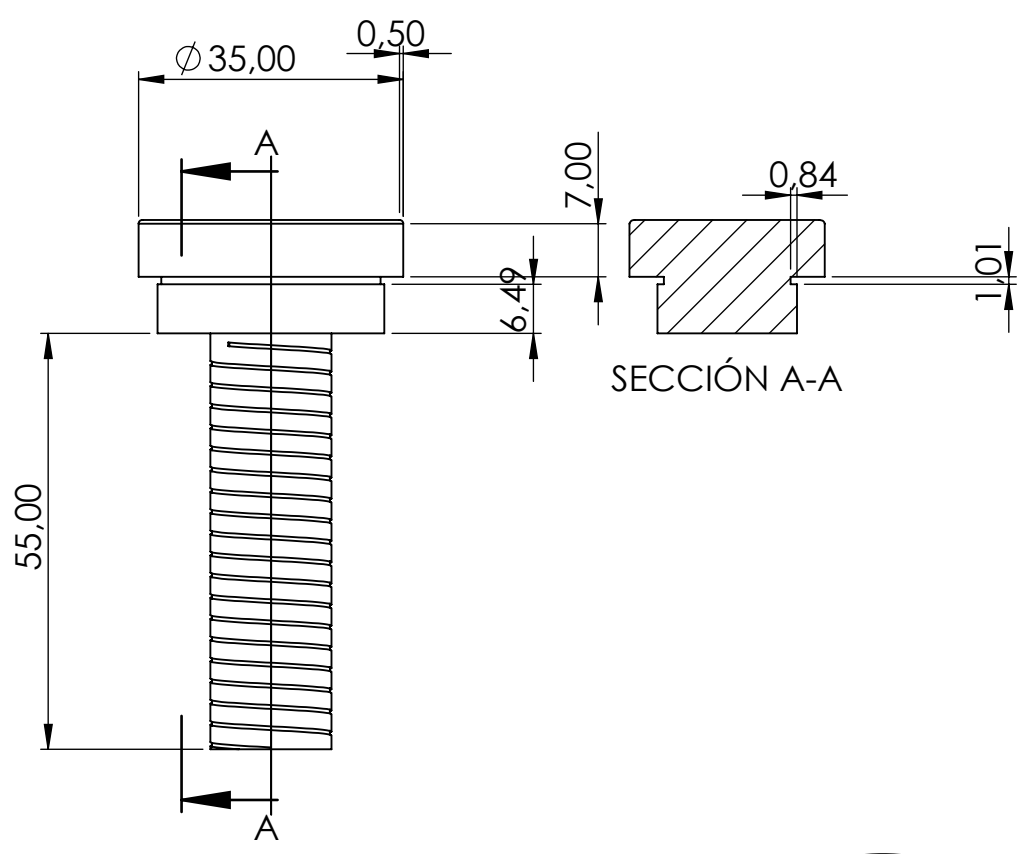
SECCIÓN A-A

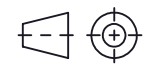



Dibujado:	CAC Daniel Berjano Barriocanal	Sc:		Título:	LLANTA CON 12 AGUJEROS
Comprobado:	Infantería				
		Escala:	1:5		
Tipo de plano:		Fecha:	29/10/2020	Nº de plano:	Hoja: /



Dibujado: CAC Danel Berjano Barriocanal	Sc:	Título: PASTILLA DE FRENO	
Comprobado:			
	Escala: 1:1		
Tipo de plano:	Fecha: 20/10/2020	Nº de plano:	Hoja: /



Dibujado:	CAC Daniel Berjano Barriocanal	Sc:			Título: PERNO DE RUEDA
Comprobado:	Infantería	Escala: 1:1			
 Centro Universitario de la Defensa Zaragoza					
Tipo de plano:	Fecha:	29/10/2020	Nº de plano:	Hoja:	/