



Trabajo Fin de Grado

Implementación del sistema BMS en la
plataforma BMR-VCZ

Autor

CAC D. Iago Neira Soto

Director/es

Director académico: Dra. Dña. Inés García Rubio
Director militar: Cap. D. Javier Villarreal Alarcón

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2020

(Página intencionadamente en blanco)

RESUMEN

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio sobre las necesidades para la implantación del sistema *Battlefield Management System* (BMS) en los vehículos modelo Blindado Medio Ruedas-Vehículo de Combate de Zapadores (BMR-VCZ) de los jefes de sección del Batallón de Zapadores VII (BZ VII). Se han determinado los elementos necesarios para la instalación del sistema, así como las posiciones que estos elementos ocuparán en el interior del vehículo, centrándonos especialmente en determinar la posición óptima para la tableta desde la que se controla el sistema BMS. Se ha determinado que la mejor opción es dotar a la tableta de un soporte móvil para que pueda variar su posición y operarse desde el puesto del jefe de vehículo, desde el del radio tirador o quedar recogida. Seguidamente, se ha diseñado un soporte para su instalación y se ha creado un prototipo del mismo a escala real.

Finalmente, se han expuesto posibles mejoras para el diseño y una serie de futuras acciones a llevar a cabo en el caso de que se decidiera seguir adelante con el proceso de instalación.

ABSTRACT

The present work studies the requirements for the implantation of the BMS system in the BMR-VCZ vehicles of the BZ VII platoon leaders. The necessary elements for the installation of the system were determined, as well as the positions that these elements will occupy in the interior part of the vehicles. We have focused the work on establishing the optimal position for the tablet from which the whole system is controlled. We have determined that the best option will be to provide the tablet with a mobile support so it can be operated from the vehicle commander position, from the radio operator position or stay folded. Furthermore, the support for the installation of the tablet was designed and a prototype of this design was created in real scale.

Finally, we have included some possible upgrades for the design and some future actions that need to be done if they decide to continue with the installation process.

AGRADECIMIENTOS

A todos los zapadores pertenecientes al BZ VII por todos los momentos y experiencias que he podido compartir con ellos durante las prácticas y que de una forma u otra han contribuido a la realización de este trabajo y a mi formación como oficial. Agradecer también al Cap. D. Javier Villarreal Alarcón el haber ejercido como director militar. A mi tutora académica, la Dra. Dña. Inés García Rubio por haberme dedicado su tiempo orientándome y corrigiendo todas las partes del trabajo que iba realizando. Finalmente me gustaría incluir a la Dra. Dña. Silvia Guillén por toda la ayuda que me ha prestado a la hora de utilizar el programa Solid Works.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	viii
LISTA DE ACRÓNIMOS	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	1
1.3 METODOLOGÍA	2
2. SISTEMA BMS	3
2.1 PARTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA BMS	5
2.2 CONEXIONES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA BMS.....	8
3. VEHÍCULO BMR-VCZ.....	10
4. ESTADO DEL ARTE	12
4.1 VAMTAC DE CARGA GENERAL.....	12
4.2 VEHÍCULO LIGERO ANÍBAL SANTANA	12
5. ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS	13
5.1 ENTREVISTA A EXPERTOS	13
5.2 EXPERIENCIA PERSONAL	15
5.3 OTRAS INSTALACIONES DEL SISTEMA BMS EN VEHÍCULOS BMR DEL BZ II	15
5.4 POSIBLES UBICACIONES DE LA TABLETA.....	17
6. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	20
6.1 COLOCACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA BMS	20
6.2 DISEÑO DEL SOPORTE	20
6.3 ESTUDIO DE CARGAS DE DISEÑO	26
6.4 ESTUDIO DE CARGAS ACCIDENTALES.....	27
6.5 CREACIÓN DEL PROTOTIPO.....	28
7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	30
7.1 CONCLUSIONES	30
7.2 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO	30
BIBLIOGRAFÍA	31
TABLA DE ANEXOS	33
ANEXO A. ENTREVISTA	34
ANEXO B. ENCUESTA	35
ANEXO C. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	37
ANEXO D. PLANOS DEL DISEÑO.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Interoperabilidad del sistema BMS con otros sistemas de mando y control.	3
Fuente: [1].	3
Ilustración 2. Pantalla principal del sistema BMS con mapa georreferenciado. Las posiciones enemigas están representadas por rombos rojos y la posición de la unidad amiga por un círculo azul. Fuente [2].	4
Ilustración 3. Sistema de alimentación.	6
Ilustración 4. Rueda selectora del sistema de alimentación.....	6
Ilustración 5. Switch conectado a la tableta y a una radio.....	7
Ilustración 6. Radio PR4G V3 con configuración vehicular.....	8
Ilustración 7. Tableta rugerizada y soporte.	8
Ilustración 8. Croquis de las conexiones entre los componentes del sistema BMS.	9
Ilustración 9. Vehículo BMR-VCZ. Fuente [6].	10
Ilustración 10. Vista superior del vehículo BMR. Fuente [7].	11
Ilustración 11. Vista del costado izquierdo del vehículo BMR. Fuente [7].....	11
Ilustración 12. Elementos del sistema BMS en un VAMTAC de carga general.	12
Ilustración 13. Elementos del sistema BMS en un vehículo ligero modelo Aníbal Santana.	12
.....	12
Ilustración 14. Detalle de la instalación del sistema de alimentación (izquierda), y del switch (derecha) en el interior de un vehículo BMR.	16
Ilustración 15. Visión general (izquierda) y detalle de la colocación del soporte (derecha) para la tableta en un BMR del BZ II.	17
Ilustración 16. Vista del interior de un vehículo BMR desde la parte posterior de la cámara de personal.	22
Ilustración 17. Detalle en el que se señalan las posiciones más frecuentes en las que el radio tirador se sienta.	22
Ilustración 18. Base del soporte de la tableta.	23
Ilustración 19. Brazo del soporte de la tableta.	23
Ilustración 20. Pieza al cual irá anclada la tableta con su otro soporte.....	24
Ilustración 21. Soporte en posición para el jefe de vehículo.	24
Ilustración 22. Soporte en posición para el radio tirador.	25
Ilustración 23. Soporte en posición para resguardar la tableta.	25
Ilustración 24. Explosión de las diferentes piezas que componen el soporte.	25
Ilustración 25. Estudio de cargas de diseño sobre el brazo.	27
Ilustración 26. Estudio de cargas de diseño sobre el acople para la tableta.	27
Ilustración 27. Detalle del asentamiento de la base del soporte con el brazo en posición jefe de vehículo.	29
Ilustración 28. Soporte en posición jefe de vehículo.	29
Ilustración 29. Soporte en posición radio tirador.	29

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 Resultados de la encuesta.....	18
Diagrama 2 Resultados de la encuesta.....	18

LISTA DE ACRÓNIMOS

AISI	Acrónimo en inglés: <i>American Iron and Steel Institute</i> .
BMR	Blindado Medio Ruedas.
BMS	Acrónimo en inglés: <i>Battlefield Management System</i> .
BRILAT	Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable.
BZ II	Batallón de Zapadores II.
BZ VII	Batallón de Zapadores VII.
CAD	Diseño Asistido por Computadora.
CMAS	Campo de Minas.
ET	Ejército de Tierra.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
ITV	Inspección Técnica de Vehículos.
MAC	Acrónimo en inglés: <i>Media Access Control</i> .
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte.
PEXT	Prácticas Externas.
PR4G	Plan Radio 4 ^a Generación.
SIMACET	Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra.
SO	Sistema Operativo.
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctica.
VCZ	Vehículo de Combate de Zapadores.
VHF	Acrónimo en inglés: <i>Very High Frequency</i> .
VJTF	Acrónimo en inglés: <i>Very High Readiness Joint Task Force</i> .

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es fruto del trabajo realizado durante el periodo de Prácticas Externas (PEXT) realizadas en el BZ VII, entre el 3 de septiembre al 16 de octubre en la ciudad de Pontevedra.

1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

En el año 2015 el BZ VII recibe vehículos BMR-VCZ que sustituyen a los Vehículos de Alta Movilidad Táctica (VAMTAC) que utilizaban las secciones previamente. Esta transición de un tipo de vehículo a otro transformó a las secciones de zapadores ligeras en secciones de zapadores ligero protegidas.

Estos nuevos vehículos no estaban dotados de ningún tipo de sistema de mando y control. Sin embargo, el sistema de mando y control BMS utilizado por el ejército de tierra que definiremos con más detalle en los siguientes apartados, estaba ya presente en la unidad instalado en algunos de los vehículos VAMTAC porta armas o de carga general y en vehículos ligeros modelo Aníbal Santana.

Uno de los principales cometidos de una sección de zapadores es dar apoyo a un subgrupo táctico¹, un sistema como el BMS aporta a una sección de ingenieros grandes capacidades ya que permitiría al teniente jefe de la sección conocer en tiempo real los detalles de la maniobra de la unidad a la que está apoyando. Otra de las razones por las cuales es necesario que una sección de zapadores disponga de este sistema, son las capacidades de mensajería instantánea que el sistema BMS ofrece. En una operación en la que los ingenieros estén presentes, existe una malla² funcional de ingenieros, a través de la cual, los jefes de las secciones de zapadores se comunican directamente con su jefe de compañía y este a su vez se comunica con su superior. Esta malla se utiliza principalmente para la transmisión de informes sobre las acciones que los zapadores hayan realizado como puede ser una apertura de brecha o el tendido de un Campo de Minas (CMAS). Gracias a la funcionalidad de mensajería del sistema BMS, la transmisión de informes podría realizarse de una forma mucho más ágil y eficaz.

Debido a las razones expuestas y a que en la actualidad el BZ VII dispone de cuatro sistemas BMS que no están instalados en ningún vehículo, surge la necesidad de realizar un estudio sobre el proceso de instalación en los vehículos BMR-VCZ de los cuatro jefes de sección.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una propuesta de implementación del sistema BMS en un vehículo BMR-VCZ con objeto de que en el caso de que se llegue a realizar la instalación de los sistemas BMS en los vehículos BMR-VCZ, este trabajo pueda servir de guía para llevar a cabo dicha instalación. Para lograr este objetivo global se han propuesto una serie de objetivos parciales específicos:

¹ Entidad operativa temporal sobre la base de una compañía.

² Red formada por el conjunto de dispositivos regulados por los mismos parámetros.

1. Realizar un estudio para determinar cuáles son todos los componentes necesarios para la instalación del sistema en un vehículo y la forma en la que se conectan entre sí.
2. Elección del emplazamiento óptimo de los componentes, entre los cuales es especialmente crítico el de la tableta.
3. Diseñar un soporte para la sujeción de la pantalla/tableta.
4. Evaluación del prototipo para mejorar tanto su diseño como el proceso de fabricación.

1.3 METODOLOGÍA

Desde el punto de vista de la metodología, para la realización del trabajo y la consecución de los objetivos previamente mencionados, se ha realizado:

- Una fase teórica de recopilación de información acerca de las especificaciones del sistema, realizada a través del estudio de manuales de usuario [2-3] y publicaciones doctrinales [1], realización de entrevistas a un grupo de expertos seleccionados (ver Anexo A) y la inspección de la instalación de este sistema en los otros vehículos de la unidad. Además, he podido incluir las observaciones que he extraído de mi experiencia tras haber estado un mes y medio de prácticas en la unidad.
- Una segunda fase en la que se han analizado las entrevistas a los expertos y la información recopilada para obtener una evaluación sobre la ubicación óptima de los componentes de sistema. En el caso particular de la tableta, a la vista de las especificaciones y los resultados de la entrevista, se consideran tres posibles localizaciones. Para determinar cuál de ellas deberíamos elegir, se ha vuelto a recurrir a los expertos y se les ha realizado una encuesta para determinar cuál de las tres posibles localizaciones es la más acertada. En esta encuesta debían valorar para cada una de las posibles ubicaciones, seis aspectos considerados de igual importancia asignándoles una puntuación. La opción elegida fue la que obtuvo una puntuación mayor siguiendo este sistema de evaluación, que aunque es muy simple pone de manifiesto los puntos fuertes y débiles de cada propuesta.
- Seguidamente, utilizando el programa de Diseño Asistido por Computadora (CAD) Solid Works, se ha diseñado el soporte para ubicarlo en la posición determinada en la fase 2. Utilizando los complementos que este programa ofrece, se ha realizado también un estudio de las cargas que puede soportar nuestro diseño.
- Finalmente, una vez obtenido el diseño de las piezas, se ha procedido a construir un prototipo, para ello se han impreso varias piezas utilizando una impresora 3D, para fabricar el resto se ha acudido a uno de los talleres de la unidad donde las han podido crear utilizando piezas metálicas.

2. SISTEMA BMS

El sistema de información³ BMS incorpora herramientas para facilitar el mando y control durante todas las fases de una operación (planeamiento, conducción y juicio crítico) para pequeñas unidades que van desde entidad sección hasta entidad batallón. Es un sistema compatible, es decir, funciona a la vez que otros sistemas sin crear conflicto entre ellos, e interoperable (nutre de información a otros sistemas) con otros sistemas del Ejército de Tierra (ET) y de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) como el Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra (SIMACET), Talos, etc [1]. En la ilustración 1, vemos representada en el centro una unidad acorazada que utiliza el sistema BMS (debido a que la imagen es antigua, lo llama BMS-LINCE, que es el sistema precursor del actual sistema BMS), las flechas dobles representan las relaciones de interoperabilidad y compatibilidad con los otros sistemas que se utilizan en el ET. El sistema puede instalarse en todo tipo de plataformas que utilicen Windows como sistema operativo. En la Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable (BRILAT), desde que las radios modelo Plan Radio 4^a Generación (PR4G) V3 se han actualizado al software supermux⁴, se utiliza el Sistema Operativo (SO) Windows 10 para las tabletas. Cabe destacar que el sistema BMS es escalable, es decir, está diseñado de tal manera que con el paso del tiempo pueda actualizarse y se le puedan añadir mejoras, de modo que con la tecnología actual no están marcados los límites que puede alcanzar.

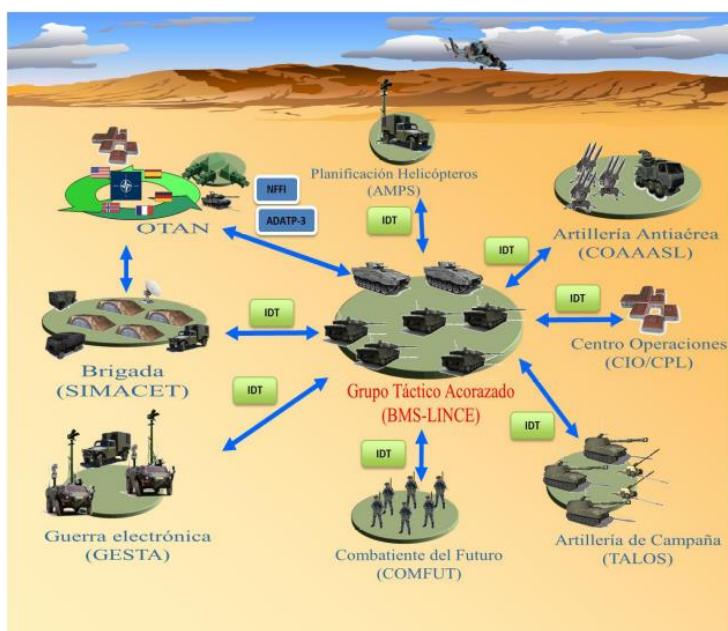


Ilustración 1. Interoperabilidad del sistema BMS con otros sistemas de mando y control. Fuente: [1].

Una de las principales características del sistema es su capacidad de representar a tiempo real en un mapa georreferenciado, la posición de las unidades aliadas, posiciones del enemigo y otros elementos de la maniobra como pueden ser líneas de coordinación, itinerarios, etc. La actualización de las posiciones y el resto de los elementos es posible

³Conjunto de equipos, métodos, procedimientos y personal, organizado de tal forma que permita la obtención, tratamiento, presentación y almacenamiento de cualquier tipo de información. Fuente: [9].

⁴ Software que permite, entre otras cosas, aumentar la velocidad, el alcance y la capacidad de transmisión de datos además de permitir la transmisión de datos y voz al mismo tiempo.

gracias al constante intercambio de información entre los dispositivos que utilizan el sistema que llamaremos nodos. El sistema BMS incorpora además una serie de funcionalidades entre las que podemos destacar las de navegación por Sistema de Posicionamiento Global (GPS), sistema de información geográfica, mensajería, alarmas, etc. En la siguiente imagen podemos observar la pantalla del sistema BMS en la que aparece un mapa georreferenciado en el que encontramos representadas las posiciones enemigas por medio de rombos rojos y la posición de la unidad amiga por medio de un círculo azul. [2]

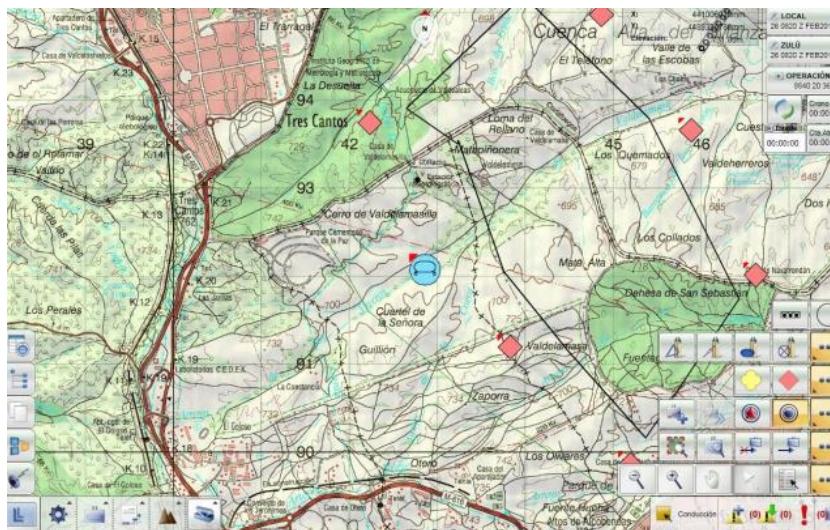


Ilustración 2. Pantalla principal del sistema BMS con mapa georreferenciado. Las posiciones enemigas están representadas por rombos rojos y la posición de la unidad amiga por un círculo azul. Fuente [2].

Al igual que otros sistemas de mando y control⁵, el sistema BMS utiliza una serie de nodos que conforman la red BMS y que se comunican entre sí durante el transcurso de una misión, siendo cada nodo, un vehículo que tenga instalado el sistema. Los nodos asignados deberán contar con un equipo de comunicaciones compatible con dicha red y un direccionamiento⁶ propio a través de la radio de *Very High Frequency* (VHF). En la mayoría de los casos se utiliza una radio PR4G. En relación con los nodos citados anteriormente, existen dos clases:

- Nodo BMS: elemento participante en una misión que tiene el software BMS y que está configurado con un identificador de nodo. Este identificador debe ser único para evitar que se produzcan conflictos.
- Nodo externo: elemento participante en una misión que utiliza un sistema externo no BMS, como por ejemplo SIMACET u OTAN, pero que está integrado en la red BMS por medio de alguna de las interfaces de interoperabilidad. Es decir, se pueden incluir nodos en la red que operan con otros sistemas, intercambiando información con los nodos BMS.

Para poder utilizar el sistema BMS en un determinado ejercicio o en una misión en teatro de operaciones, es necesario cargar en cada uno de los nodos un fichero misión que contiene toda la información necesaria para la conducción de la misión

⁵ Sistema de información que pretende gestionar un elevado número de recursos (materiales o humanos) con el fin de nutrir al mando de información que le ayude en la toma de decisiones.

⁶ Mecanismo que distingue a cada uno de los elementos que componen una red.

determinada. Al corresponder cada uno de los nodos con un vehículo que tenga instalado el sistema, resulta necesario cargar el fichero misión en cada una de las tabletas que participaran en la operación. El fichero misión se elabora antes de realizar un ejercicio y debe contener el orden de batalla, las unidades que participan y su asociación a cada nodo, las relaciones y jerarquía entre nodos, etc. En caso de que no se cargara el fichero de misión, el BMS perdería gran parte de sus funcionalidades ya que no podría comunicarse con el resto de los nodos ni habría recibido ningún tipo de información específica acerca de la misión como líneas de coordinación, posición del enemigo, itinerarios predefinidos, etc. En consecuencia, no podría ser utilizado como un sistema de mando y control, aunque podría utilizarse como una herramienta para la navegación por GPS [3].

2.1 PARTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA BMS

Cada uno de los nodos que conforman una red BMS se compone de una serie de elementos de hardware interconectados entre sí en el interior de cada vehículo. A continuación, se nombrará y se explicará la función que desempeñan.

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación puede conectarse a dos fuentes, por un lado, directamente a la batería de un vehículo utilizando para ello los cables que se ven en la parte inferior izquierda de la ilustración 3 o a una alimentación exterior utilizando el cable de la parte inferior derecha. Si, como ocurre en la mayoría de los vehículos, el vehículo no cuenta con una salida de alimentación exterior, solamente se conectarían los cables de la batería mientras que los otros quedarían sueltos. En el caso del BMR, en vez de conectarlo a la batería directamente, se conectaría a la caja de distribución eléctrica⁷. Para seleccionar la fuente de alimentación se utiliza una rueda selectora con tres posiciones como podemos ver en la imagen número 4.

⁷ Distribuidor central de corriente del vehículo.

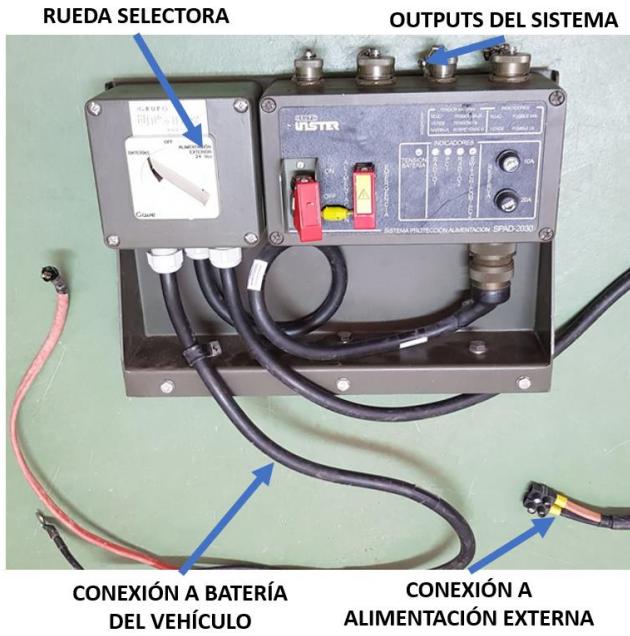


Ilustración 3. Sistema de alimentación.

En la parte superior derecha del sistema, están los cuatro outputs para conectar a la electricidad los otros elementos del sistema: la tableta, el switch y hasta un total de dos radios.



Ilustración 4. Rueda selectora del sistema de alimentación

SWITCH

El switch, está conectado a la tableta y a una o dos radios, dependiendo de la configuración del vehículo, en general los vehículos de mando de entidad sección o superior llevan dos radios y el resto de los vehículos una. La tableta se conecta a él mediante un cable ethernet y cada radio se conecta a él por medio de tres cables, dos de tipo COM y uno de tipo ethernet. Uno de los cables tipo COM sirve para transmitir las órdenes de la función de telecontrol de la radio, esta función sirve para poder modificar los parámetros de la radio, es decir, el volumen, cambio de canal, potencia, etc. desde la aplicación BMS. Los otros dos cables se utilizan para la transmisión de datos transmitiendo cada uno una clase de datos distinta. El hecho de que existan dos cables para la transmisión de datos ayuda a evitar la saturación de los conos⁸, aumentando el

⁸ Ancho de banda por el que fluye la información.

ancho de banda total y la velocidad de transmisión. Antes de llegar a la radio estos dos cables se unen y se enchufan a la radio con un conector tipo Charlie.

La función del switch es gestionar la entrada y salida de los datos que llegan a él pero sin procesarlos, es decir, se encarga de distribuir los datos. Para entender mejor la función de este dispositivo expondremos un ejemplo práctico: cuando la radio recibe algún tipo de dato (excluidos los mensajes de voz, que los reproduce la radio directamente), estos son transmitidos automáticamente al switch, en este momento, se encarga de decidir si envía estos datos a la tableta para que los procese o los envía de vuelta a alguna de las dos radios. En el caso de que los datos salgan de la tableta, el switch decide a cuál de las radios y por cuál de los cables transmitir la información. La forma en la que este dispositivo sabe cómo distribuir la información es mediante las direcciones tipo *Media Access Control* (MAC) que llevan asociadas los datos.



Ilustración 5. Switch conectado a la tableta y a una radio.

RADIO PR4G V3

La radio permite comunicarse por voz y la transmisión de datos. Un nodo BMS puede tener una o dos radios, en caso de que tener dos una está dedicada a la comunicación con el superior jerárquico y la otra a comunicarse con el nivel inferior. Es bastante común disponer solamente de una radio, esto crea el inconveniente de que solo puede estar conectada a una única malla en un momento determinado, es decir, no podría comunicarse con el superior y el inferior jerárquico al mismo tiempo. El operador debe ir cambiando manualmente de canal para así cambiar de malla en función de con quien quiera comunicarse, esto genera el inconveniente de que además de cortarse la comunicación por voz con uno de los escalones, se corta la transmisión de datos y por lo tanto la posición de los vehículos pertenecientes a la malla con la que no estemos conectados, no se actualizarán a tiempo real.

Aunque la radio es un elemento necesario para el funcionamiento del sistema BMS, es un elemento que siempre ha estado presente en los vehículos BMR.



CONECTOR TIPO CHARLIE PARA TRANSMISIÓN DE DATOS, SE BIFURCA PARA CONECTARLO AL SWITCH MEDIANTE UN CONECTOR TIPO COM Y OTRO TIPO ETH

Ilustración 6. Radio PR4G V3 con configuración vehicular.

TABLETA Y SOPORTE

La tableta contiene el software del sistema BMS, se encarga de procesar toda la información y dispone de una interfaz gráfica que permite al usuario interactuar con el sistema y en la cual se proyecta el mapa georreferenciado.



Ilustración 7. Tableta rígida y soporte.

2.2 CONEXIONES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA BMS

En la siguiente imagen, a modo de resumen, vemos un croquis en el que aparecen representados todos los elementos necesarios para instalar el sistema BMS en un vehículo BMR y la forma en la que esos elementos se conectan entre sí. Se muestra en el croquis una configuración con dos radios ya que es la configuración más recomendable siempre y cuando se disponga de dos radios.

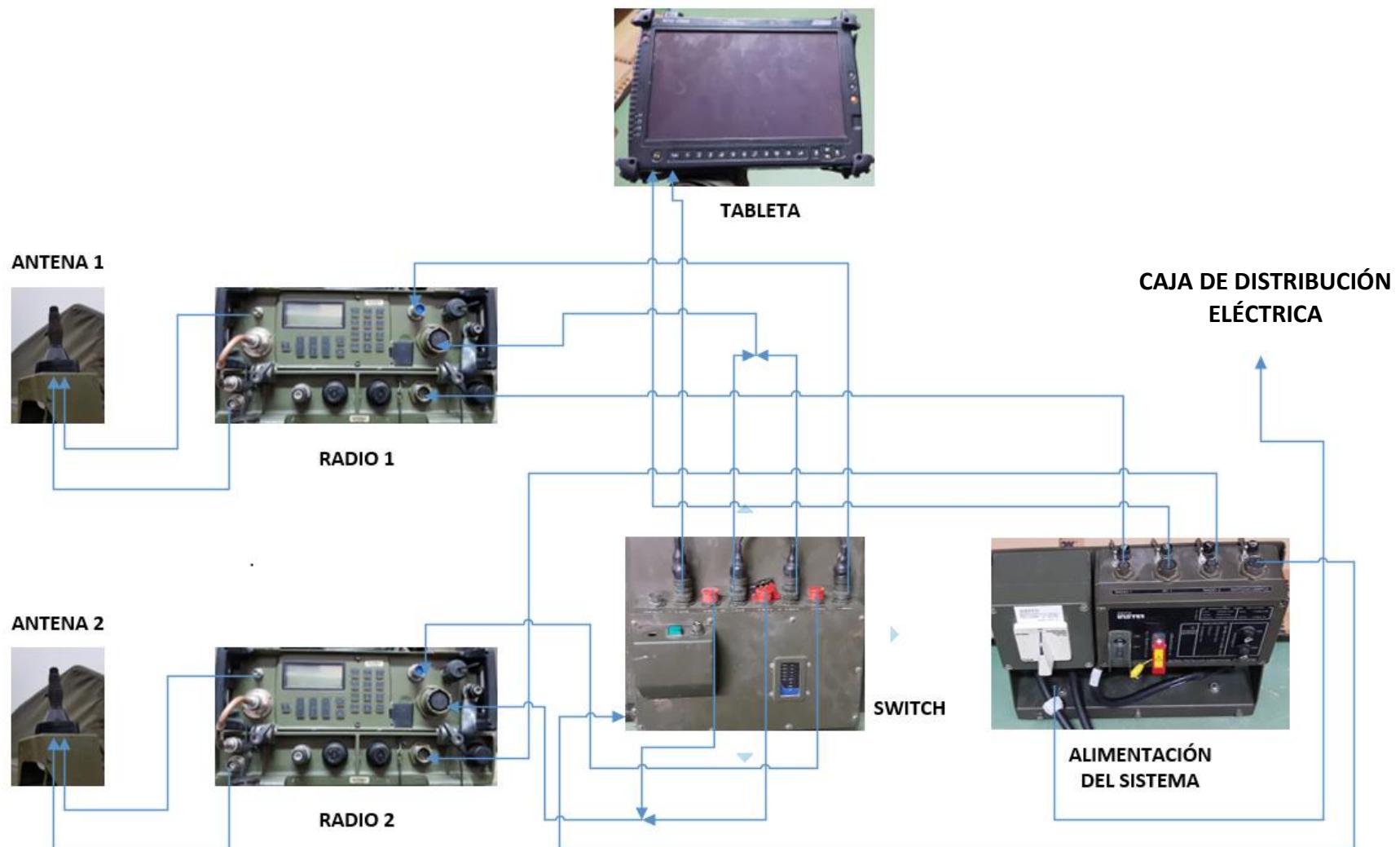


Ilustración 8. Croquis de las conexiones entre los componentes del sistema BMS.

3. VEHÍCULO BMR-VCZ

El VCZ surgió ante a la necesidad de dotar a las unidades de zapadores de un vehículo que tuviera unas características similares en lo que a movilidad y protección se refiere, a los vehículos de las unidades de caballería e infantería a las que apoyan y que, además, sirviera a los zapadores como una ayuda a la hora de realizar sus tareas y cometidos específicos. [4]

El vehículo BMR-VCZ es una adaptación del BMR M-1 de línea que incluye una pala empujadora, que le da la capacidad de remoción de algunos obstáculos y de realizar pequeños trabajos de movimiento de tierra siempre y cuando esté trabajando en un terreno blando. Incluye también un cabestrante que puede emplearse para la remoción de obstáculos y para la recuperación de vehículos.

Su principal cometido es ser un vehículo de transporte blindado, con capacidad para transportar a un pelotón compuesto por un jefe de pelotón, un conductor, un radio tirador y seis zapadores más. Una sección de zapadores cuenta con cuatro de estos vehículos, uno para cada uno de los tres pelotones y uno para el jefe de sección, en el vehículo de sección normalmente van solo tres tripulantes, el jefe de sección, el conductor y un radio tirador por lo que se suele aprovechar este vehículo para cargar el material que no pueda ir en los otros por problemas de espacio. [5]

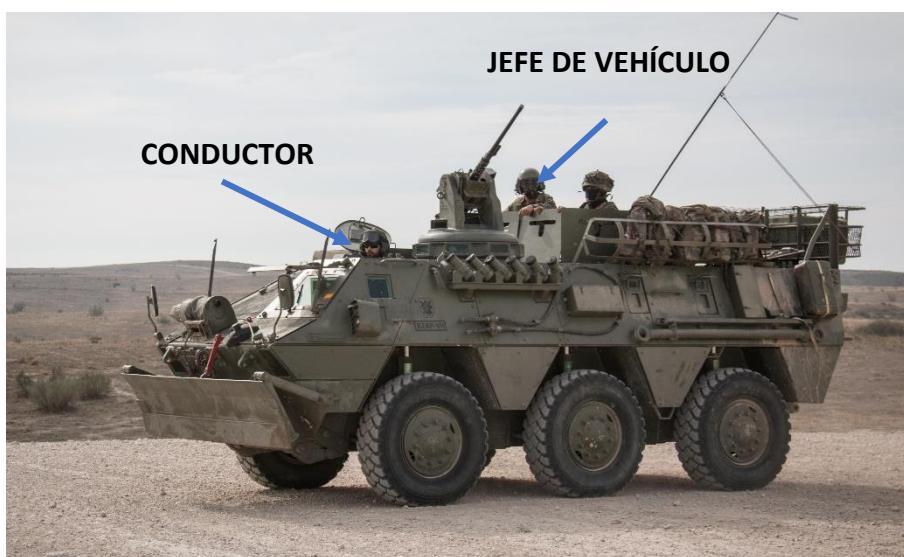


Ilustración 9. Vehículo BMR-VCZ. Fuente [6].

En las dos imágenes siguientes, se representan la parte superior y el costado izquierdo de un vehículo BMR, las ubicaciones aproximadas de algunos de los elementos y de los puestos que ocupa la tripulación del vehículo con la intención de que el lector pueda hacerse una idea mejor de la disposición de este vehículo. Cabe destacar que en ambas imágenes la zona que ocupa el radio tirador está representado por un rectángulo azul, ya que, por lo general, el radio tirador no ocupa un puesto fijo, sino que puede ocupar varias posiciones dentro de la zona indicada.

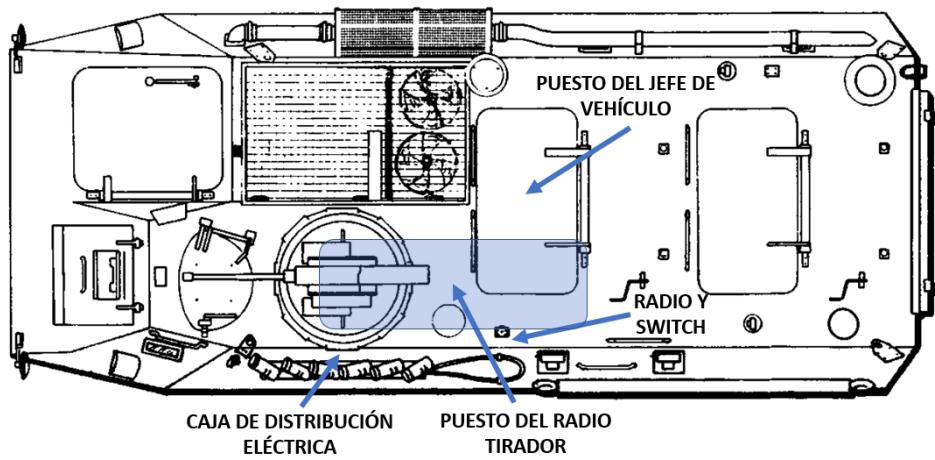


Ilustración 10. Vista superior del vehículo BMR. Fuente [7].

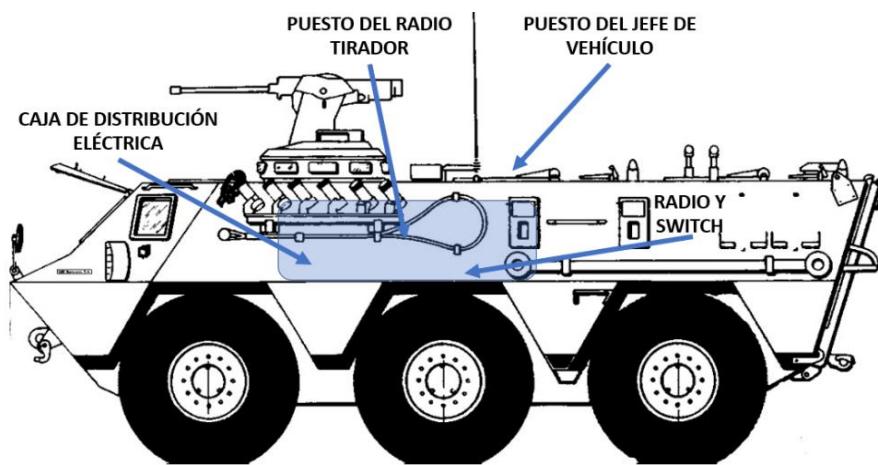


Ilustración 11. Vista del costado izquierdo del vehículo BMR. Fuente [7].

4. ESTADO DEL ARTE

El BZ VII posee actualmente varios vehículos con el sistema BMS instalado, en este apartado veremos brevemente la forma en la que lo han implementado en ellos.

4.1 VAMTAC DE CARGA GENERAL

Algunos de los VAMTAC de carga general del BZ VII tienen ya implementado el sistema BMS. En todos ellos se ha decidido colocar la tableta en salpicadero del copiloto, que es la posición que ocupa el jefe de vehículo. Esta colocación posibilita que el jefe sea el que controle el sistema y que además pueda hacerlo desde la posición que ocupa normalmente. Cabe destacar que los VAMTAC porta armas que poseen otros batallones de la BRILAT poseen una instalación muy similar de este sistema.

Como podemos ver en la imagen, el resto de los elementos del sistema se han colocado en el hueco que hay entre el puesto del conductor y el copiloto aprovechando la zona que previamente se reservaba para la colocación de la radio.

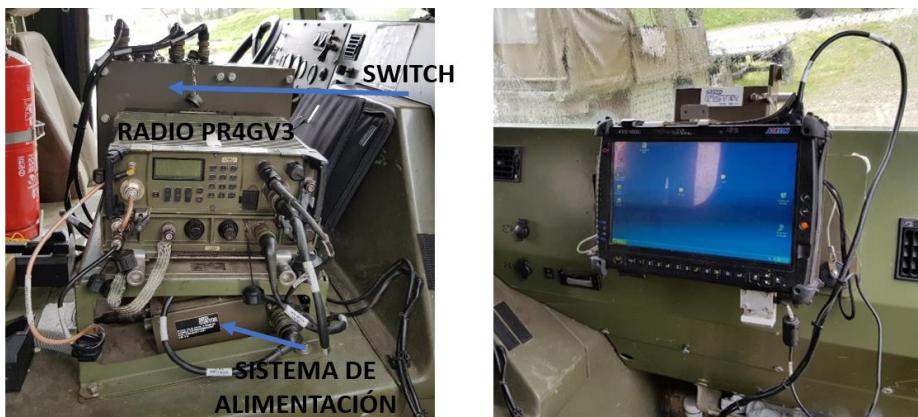


Ilustración 12. Elementos del sistema BMS en un VAMTAC de carga general.

4.2 VEHÍCULO LIGERO ANÍBAL SANTANA

Algunos de los vehículos Aníbal Santana del batallón poseen también la instalación del sistema. La forma en la que lo han implementado es muy similar al caso de los VAMTAC de carga general, en este caso la tableta está colocada también en la posición del jefe de vehículo y para colocación del resto de elementos se ha aprovechado el soporte de la radio que está posicionado en la parte trasera del vehículo.

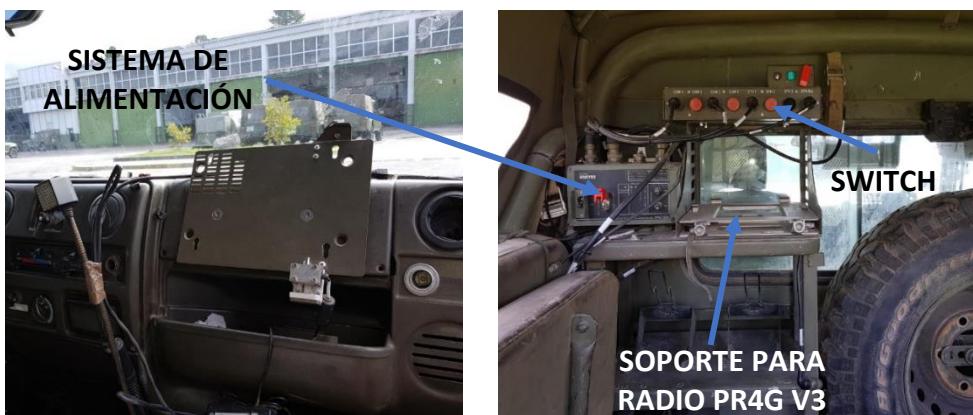


Ilustración 13. Elementos del sistema BMS en un vehículo ligero modelo Aníbal Santana.

5. ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS

Una vez conocidos los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación, es necesario determinar las posiciones que ocuparán en el interior de los vehículos. Para ello:

1. Se ha realizado una entrevista a expertos pertenecientes al BZ VII.
2. Se ha analizado la instalación del sistema BMS que utilizan los vehículos BMR del Batallón de Zapadores II (BZ II) perteneciente a la Brigada II de la Legión por medio de las imágenes y las observaciones que nos ha aportado uno de sus oficiales.
3. Se ha realizado una detenida observación de los aspectos relevantes durante las prácticas externas.

Combinando la información que se presenta en los siguientes tres apartados, se ha podido determinar la ubicación de los elementos que componen el sistema BMS y se han propuesto tres posibles ubicaciones para la tableta, de las cuales se ha seleccionado una.

5.1 ENTREVISTA A EXPERTOS

Con estas entrevistas se pretende obtener información acerca de especificaciones a tener en cuenta para el diseño, así como para la detección de posibles errores que puedan aparecer tanto en la fase de instalación como después de haber instalado el sistema y de esta manera, poder anticiparnos a ellos. Para ello, se ha diseñado un modelo de entrevista para realizar a personal perteneciente al BZ VII (ver Anexo A). La entrevista consta de 9 preguntas de respuesta abierta para que los entrevistados tengan la oportunidad de expresarse libremente. Las primeras tres preguntas están enfocadas a conocer el grado de experiencia y conocimientos del entrevistado con el sistema BMS y con el vehículo BMR. Analizando el resto de las preguntas, se persigue obtener la información acerca de las especificaciones, centrándonos en conocer cuáles son las posibles ubicaciones para la tableta y las posibles dificultades y errores que puedan aparecer.

Se ha decidido realizar la entrevista únicamente a personal del BZ VII ya que serán ellos mismos los encargados de instalar, mantener y operar este sistema una vez haya sido implantado en sus vehículos. Podemos dividir a los entrevistados en tres grupos convenientes de tres colectivos diferentes. Con esto se pretende conocer los diferentes puntos de vista que puedan tener, por una parte, los usuarios y por otra, los encargados de la instalación y del mantenimiento del sistema. En primer lugar, se ha entrevistado a los dos tenientes más antiguos del batallón que cuentan con gran experiencia mandando secciones de zapadores sobre BMR. En segundo lugar, a cuatro sargentos que cuentan también con una amplia experiencia en secciones que utilizan este vehículo. Finalmente, se ha entrevistado a dos sargentos y a un cabo especialistas en telecomunicaciones con amplios conocimientos técnicos sobre el sistema BMS.

La información obtenida tras haber realizado todas las entrevistas se presenta a continuación.

Primeramente, se aprecia una diferencia bastante significativa en cuanto a los conocimientos que los diferentes grupos de encuestados poseen sobre el sistema BMS

y a la experiencia que tienen con el vehículo BMR. Mientras que los especialistas poseen amplios conocimientos sobre el sistema BMS su experiencia con el vehículo BMR es en general más limitada y viceversa, ya que tanto los tenientes como los sargentos jefes de pelotón, pese a poseer una gran experiencia con los vehículos BMR, tenían unos conocimientos bastante limitados sobre el sistema BMS.

En cuanto a la colocación óptima de la tableta, entre los entrevistados encontramos opiniones bastante dispares que podemos agrupar en tres posturas diferenciadas. En este caso, no coinciden estas tres posturas con los tres grupos en los que se han agrupado a los entrevistados.

En primer lugar, el 44% de los entrevistados consideran que la tableta debería ir fija en el puesto del jefe del vehículo ya que consideran que el jefe es quien debería tener acceso a ella en todo momento sin tener que modificar el puesto que ocupa en el vehículo. Consideran que algunas de las funcionalidades que ofrece el sistema como son la geolocalización del resto de unidades o la navegación por GPS solo son útiles si el jefe del vehículo tiene acceso constante a ellas.

En segundo lugar, el 22% de los entrevistados considera que la tableta debería estar en el interior del vehículo en una zona desde la cual el radio-tirador tuviera acceso a ella y ser él quien se encargara de controlar el sistema. De esta manera el jefe del vehículo no tendría acceso a la tableta y toda la información y las órdenes las recibiría y las enviaría a través del radio-tirador. Consideran que esto es factible y que el jefe de vehículo y el radio tirador están enlazados permanentemente por voz a través de una malla interna del vehículo.

Finalmente, el 33% de los expertos demanda una implementación en la que la tableta pudiera cambiar fácilmente de posición entre el puesto del radio-tirador, que sería el que la estuviera controlando la mayor parte del tiempo, al puesto del jefe de vehículo para que este tuviera la oportunidad de trabajar directamente con ella cuando lo considerase oportuno.

En cuanto a su opinión sobre los principales problemas que pueden aparecer tanto en el proceso de instalación como con el sistema, volvemos a encontrar una diferenciación bastante clara entre los grupos. Por una parte, tanto a los tenientes como a los sargentos jefes de pelotón, les preocupan los problemas de espacio que pueda ocasionar la instalación de los distintos componentes.

Su otra preocupación son los daños que el sistema pueda recibir producidos por golpes o tirones en los cables al engancharse la gente y el material en los procesos de carga y descarga del vehículo. Afirman que estos daños ocurren con frecuencia en otros sistemas ya instalados en el vehículo como por ejemplo las radios.

Para los especialistas la principal preocupación es encontrar un lugar adecuado para instalar los elementos del sistema BMS intentando que estén lo más cercanos posible entre sí e intentando realizar las mínimas modificaciones posibles al resto de elementos que se encuentran ya en el interior de los vehículos. Su otra preocupación reside en que las conexiones de la tableta son especialmente vulnerables a la humedad, al polvo y a cualquier tipo de tirones que puedan sufrir los cables.

5.2 EXPERIENCIA PERSONAL

Durante mi estancia en el BZ VII he trabajado con todas sus secciones, he podido hablar con muchos de sus integrantes y en especial, he podido asistir al ejercicio Creval-21. Este ejercicio se realizó en el campo de maniobras de San Gregorio, Zaragoza, entre los días 13 y 23 de septiembre y se evaluaron las capacidades del Batallón Zamora con el fin de comprobar que cumplía los requerimientos necesarios para formar parte de la *Very High Readiness Joint Task Force* (VJTF) de la OTAN. Allí he visto de primera mano la forma en la que esta unidad trabaja y eso, en conjunto con el resto del tiempo que he pasado con ellos en el cuartel, me ha dado la oportunidad de ver algunas de sus necesidades y he podido sacar mis propias conclusiones sobre cuál sería la mejor forma de instalar el sistema BMS y en especial sobre dónde instalar la tableta, ya que lo hemos considerado como la parte más importante del proyecto.

En primer lugar, considero que el jefe de vehículo es quien debe controlar la tableta en todo momento y por lo tanto esta debe colocarse en una posición en la que tenga un fácil acceso. El jefe de vehículo es el único que conoce la maniobra, es decir, es quien conoce los detalles de la misión que se está llevando a cabo y por lo tanto, es el único capaz de interpretar de manera correcta lo que pueda aparecer por pantalla, como por ejemplo la posición del resto de unidades aliadas o la propia posición de su vehículo. La navegación por GPS es otra de las funcionalidades que considero necesario sean controladas por el jefe ya que este además de ser el encargado de guiar al conductor del vehículo, desde su puesto táctico el jefe posee una visión total del exterior y puede observar la ruta que está siguiendo ya que es el único tripulante que va asomando la cabeza por fuera de la escotilla. Otra de las funcionalidades más importantes del sistema BMS es la de mensajería instantánea, el jefe es quien envía y a quien van dirigidos todos los mensajes con lo cual si es él quien puede recibirlos o enviarlos directamente, se agilizaría el proceso y no se perdería nada de información en la comunicación entre el jefe y el operador del sistema.

En cuanto a los problemas que he podido detectar, coincido en que el espacio en el interior del vehículo es bastante limitado y afectará sobre todo a la hora de determinar la ubicación de los componentes del sistema. Sin embargo, el reto ha sido determinar el cómo y el dónde se ubicará la tableta para poder sacar el máximo partido al sistema sin que interfiera en la comodidad y seguridad de la tripulación. Con esta idea en mente, se han considerado tres posibles ubicaciones para ella, ya que todas parecen tener ventajas e inconvenientes.

5.3 OTRAS INSTALACIONES DEL SISTEMA BMS EN VEHÍCULOS BMR DEL BZ II

En el BZ II perteneciente a la Brigada II de la Legión, han instalado los sistemas BMS en sus vehículos BMR. Analizaremos a continuación través de imágenes, la forma en la que han sido ubicados los componentes y expondremos las principales ventajas e inconvenientes que, a nuestro juicio, presenta esta instalación.

En la ilustración 14, vemos la posición que ocupan el switch y el sistema de alimentación del BMS, el primero de los elementos está posicionado directamente encima del soporte para las radios, el segundo elemento está anclado a la pared del vehículo, en un lugar cercano a la caja de distribución eléctrica del vehículo. Se puede consultar la posición global de estos dos elementos en las ilustraciones 10 y 11. La

principal ventaja de utilizar estas posiciones es que no es necesario modificar la posición de ninguno de los elementos que están ya presentes en los vehículos y no se limita el espacio destinado a la tripulación ni al almacenamiento del material. Cabe destacar que, como se puede apreciar en la imagen 14, el sistema de alimentación ha sido modificado para reducir el tamaño que ocupa. Respecto a la ilustración 3, vemos que se ha eliminado la rueda selectora y las conexiones asociadas a ella. Se ha podido hacer esta modificación ya que, en el caso de este vehículo, el sistema de alimentación se conecta única y exclusivamente a la caja de distribución eléctrica, con lo cual la rueda selectora sería inservible.

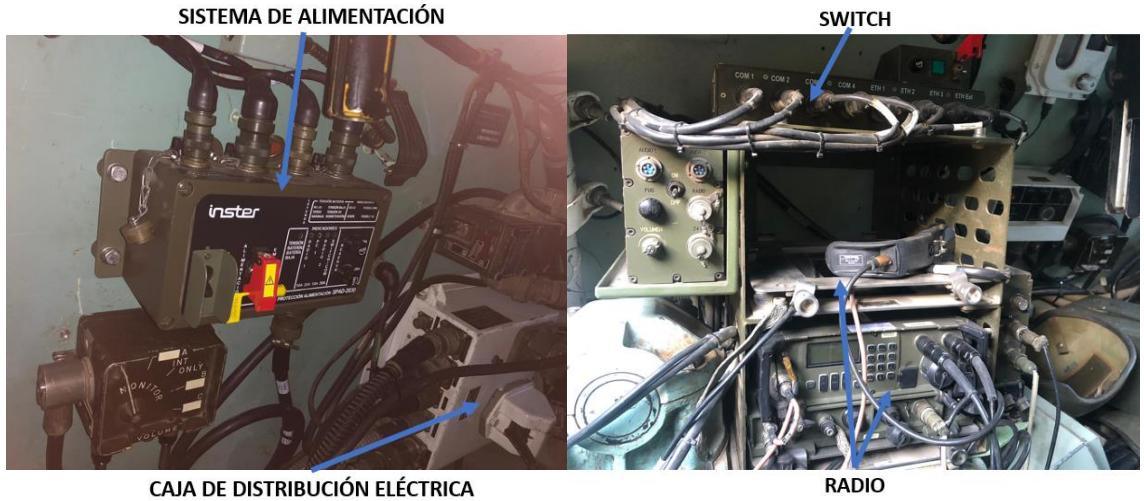


Ilustración 14. Detalle de la instalación del sistema de alimentación (izquierda), y del switch (derecha) en el interior de un vehículo BMR.

Para colocar la tableta, en la Legión han optado por diseñar un soporte fijo que va colocado en la parte inferior derecha del puesto del jefe de vehículo y que se muestra en la ilustración 15. La ventaja principal de esta instalación es que posibilita que el jefe sea quien opere el sistema BMS sin tener que modificar su puesto táctico. Sin embargo, este diseño presenta dos inconvenientes principales, en primer lugar, el soporte de la tableta ocupa un espacio considerable reduciendo la libertad de movimiento del jefe de vehículo ya que, normalmente se desplaza en torno a los bordes de la escotilla y, además, al tener ir de pie en su puesto, es muy frecuente que sus piernas se den golpes contra el soporte debido a los movimientos bruscos y sacudidas del vehículo. En segundo lugar, el hecho de que el soporte esté en una posición tan baja respecto al jefe, que como hemos dicho, va de pie en la mayoría de los casos, le obliga a agacharse cada vez que quiera observar la pantalla en detalle o realizar alguna gestión en el dispositivo y, por lo tanto, pierde la visión del exterior que su puesto le ofrece.

En la parte izquierda de la imagen inferior (ilustración 15) se observa la visión general de la localización del soporte para la tableta. En la parte derecha, vemos el soporte más en detalle desde una vista superior del puesto de jefe de vehículo.



Ilustración 15. Visión general (izquierda) y detalle de la colocación del soporte (derecha) para la tableta en un BMR del BZ II.

5.4 POSIBLES UBICACIONES DE LA TABLETA

La tableta es el elemento donde está instalado el software y desde donde se controla todo el sistema. Por este motivo su ubicación se ha considerado de vital importancia y se ha dedicado una parte importante de este trabajo a realizar un estudio para determinar su posición.

Considerando las entrevistas, las observaciones personales y la instalación realizada por personal del BZ II, se proponen tres posibles ubicaciones para la tableta:

- Posición fija, similar o igual a la que se muestra en el apartado 5.3, en la que el jefe de vehículo controle el sistema.
- Posición fija, en la que el radio tirador controle el sistema.
- Soporte móvil para que la tableta pueda variar de posición y ser controlada tanto por el jefe de vehículo como por el radio tirador, así como recogerse cuando su uso no sea necesario.

Para determinar cuál de estas tres posibles ubicaciones es la más idónea, se ha vuelto a recurrir al grupo de expertos a los que se les realizó previamente la entrevista y se les ha realizado en ese caso, una encuesta (ver Anexo B). En la encuesta se presentan las tres posibilidades en cuanto a posibles ubicaciones de la tableta y se pide la evaluación para cada una de ellas de seis aspectos:

1. Protección de la tableta frente a agresiones externas (lluvia, polvo, sol, etc.).
2. Libertad de movimiento para el jefe de vehículo.
3. Libertad de movimiento para el radio tirador.
4. Conflictividad con otros elementos ya presentes en el vehículo.
5. Accesibilidad para el jefe de vehículo sin necesidad de modificar su posición.
6. Satisfacción general con la posible ubicación.

Los resultados de la encuesta se recogen en el diagrama 1 donde simplemente se ha sumado la valoración de todos los encuestados referente a cada uno de los aspectos.

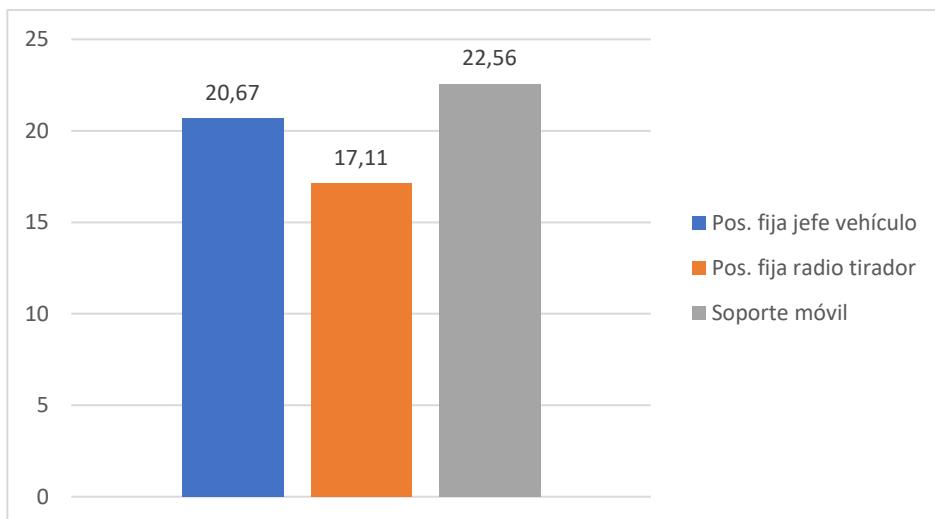


Diagrama 1 Resultados de la encuesta.

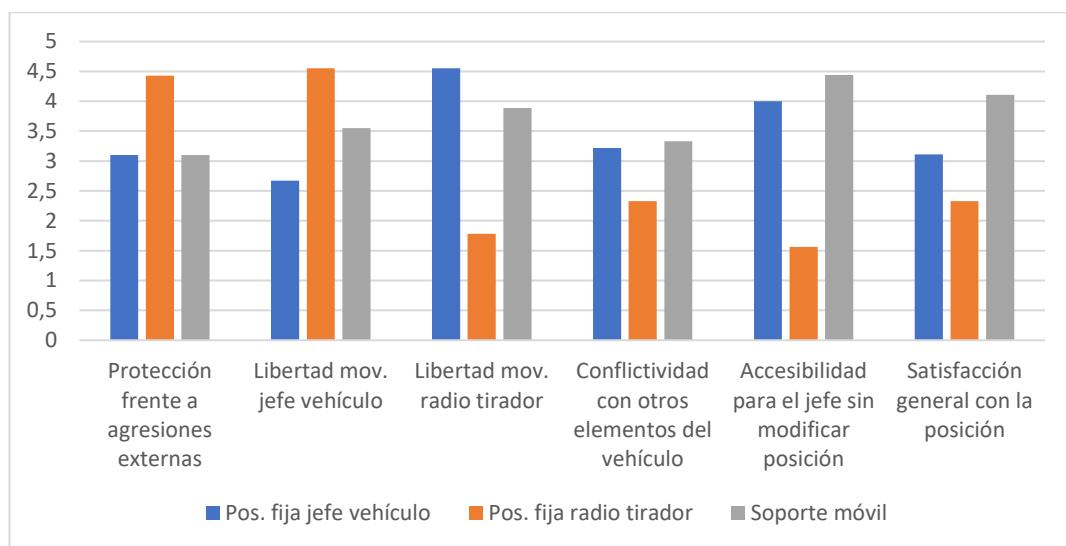


Diagrama 2 Resultados de la encuesta.

Del diagrama 2, que se puede ver con más detalle en el Anexo C, se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- Los encuestados consideran que la posición fija radio tirador ofrece la mejor protección frente a las agresiones externas.
- En cuanto a la libertad de movimiento para el jefe de vehículo, los encuestados consideran que la posición fija radio tirador es que la mayor libertad le ofrece.
- Sobre la libertad de movimiento para el radio tirador, han considerado que la posición fija jefe de vehículo es la que más libertad le ofrece. Cabe destacar que la puntuación que ha obtenido la posición fija radio tirador ha sido especialmente baja.
- Respecto a la conflictividad que presenta la instalación del soporte con elementos ya presentes en el vehículo, las tres opciones han obtenido puntuaciones similares.
- Se puede afirmar que los encuestados consideran que tanto la hipótesis uno como la tres, posibilitan que el jefe de vehículo opere la tableta sin

tener que modificar demasiado su posición. Sin embargo, debido a la baja puntuación que ha obtenido la posición fija radio tirador, podemos afirmar que la tableta queda muy a desmano en caso de que el jefe de vehículo quisiera operarla.

- Finalmente, podemos afirmar que los encuestados consideran el soporte móvil como la mejor opción en cuanto a satisfacción global.

Para la evaluación global se ha considerado que todos los aspectos valorados poseen la misma importancia, de manera que se ha sumado simplemente la valoración de todos los encuestados y de todos los aspectos para cada una de las propuestas. La opción que obtiene la mayor puntuación global ha sido la del soporte móvil y, por lo tanto, se realizará el diseño del soporte de este tipo.

6. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En este apartado determinaremos la posición para los elementos que conforman el sistema BMS, así como el diseño para el soporte de la tableta, el estudio de los esfuerzos que es capaz de resistir, y la descripción del prototipo que se ha creado en base a dicho diseño y las conclusiones que se han podido extraer de él.

6.1 COLOCACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA BMS

En este apartado nos centramos en la colocación de los elementos del sistema BMS exceptuando el soporte de la tableta cuya posición se abordará más en detalle en los próximos apartados.

Para determinar las posibles ubicaciones de los elementos, se ha acudido con personal especialista del BZ VII al interior de los vehículos BMR-VCZ con los elementos reales del sistema BMS para así determinar in situ sus posibles ubicaciones. Tras varios intentos, se ha llegado a la conclusión de que la mejor ubicación posible para ellos son las mostradas en el apartado 5.3, es decir, basarnos en la instalación que ha llevado a cabo el personal del BZ II. Se ha podido comprobar que, para colocarlos en otras posiciones, o bien es necesario modificar la colocación de alguno de los elementos ya presentes en el vehículo, o bien los componentes quedan demasiado lejos entre sí complicando la instalación del cableado que los conecta. Las ubicaciones escogidas ofrecen además una buena protección para las conexiones eléctricas ya que están situadas en zonas en las que no se almacene material y protegidas frente a los posibles enganches en los miembros de la tripulación. Cabe destacar que el sistema de alimentación debería ser modificado de la forma que se expone en el apartado 4.3, esta es una modificación relativamente sencilla que puede llevar a cabo cualquiera de los especialistas en electricidad ya que simplemente consiste en desconectar el cable que une la parte principal del sistema a la rueda selectora para poder conectarlo directamente a la caja de distribución eléctrica del vehículo. Como ya se ha indicado, esta modificación reduce drásticamente el volumen del sistema de alimentación y posibilita que sea ubicado en ese emplazamiento.

En cuanto a todo el cableado necesario para conectar los elementos entre sí, se tenderá siguiendo las líneas de cables que actualmente están presentes en el vehículo.

6.2 DISEÑO DEL SOPORTE

Como se trata con detalle en el punto 5.4, se ha llegado a la conclusión de que la mejor forma de instalar la tableta del sistema BMS es mediante un soporte móvil que permita modificar su posición de tal manera que dependiendo del momento, pueda ser operada desde la posición del jefe de vehículo o desde la posición del radio tirador. El soporte diseñado puede adoptar las tres posiciones diferentes que se describen a continuación.

La primera de las posiciones está diseñada para que el jefe de vehículo sea quien opere la tableta. En este diseño se ha intentado incluir una mejora respecto al soporte que se utiliza en la Legión, como se ha expuesto en el apartado 5.3, uno de los inconvenientes de ese diseño es que la posición que ocupa la tableta respecto del jefe de vehículo es muy baja y esto dificulta su manejo. Para subsanar este problema, se ha diseñado el soporte para que la tableta sobresalga por fuera de la escotilla y que de esta

manera quede a la altura del pecho del jefe de vehículo en pie para que así sea más cómodo su manejo. Como veremos más adelante en las imágenes, se ha conseguido paliar parcialmente el problema de la limitación de espacio del jefe de vehículo. Esto se ha conseguido colocando el soporte de la tableta en la parte izquierda de su puesto, que es una zona a la que rara vez se desplaza, en la ilustración 16 puede verse la posición que ocupa el soporte respecto al puesto del jefe de vehículo. Sin embargo, el hecho de que la tableta siga ocupando una posición próxima a él en todo momento, provoca que el jefe de vehículo pueda seguir chocando contra ella debido a las sacudidas del vehículo.

La segunda posición que puede adoptar permite al radio tirador operar la tableta desde la cámara de personal, a pesar de que esta no es la posición que le debería corresponder según su puesto táctico, la experiencia nos dice que, en el caso particular del vehículo del jefe de sección, el radio tirador pasa gran parte del tiempo en la cámara de personal. Esto es debido a que en este vehículo normalmente solo van embarcados el jefe, el radio tirador y el conductor, quedando libre la cámara de personal. De esta manera, el radio tirador puede situarse allí y hacer sus funciones de una manera más cómoda ya que dispone de mucho más espacio que en su puesto habitual (justo debajo de la torreta del vehículo). Esta posición permite además resguardar a la tableta parcialmente frente a la lluvia o al polvo, ya que, como se ha indicado anteriormente, las conexiones eléctricas de los elementos son especialmente vulnerables.

Existe una tercera posición en la que la tableta quedaría introducida en el pasillo que comunica la cámara de personal con el puesto del conductor, en la parte más adelantada del vehículo. Esta tercera posición permite resguardar la tableta completamente frente a la meteorología o quede recogida en el caso de que no se vaya a utilizar en una determinada misión, evitando así que limite el espacio disponible para el jefe de vehículo y el radio tirador.

A continuación, se muestran un par de imágenes del interior del vehículo BMR tomadas desde su parte trasera en las que aparecen representadas las posiciones de los tripulantes anteriormente citados y la posición aproximada del soporte de la tableta. La zona que ocupa el jefe de vehículo aparece representada con un rectángulo azul ya que se suele mover en torno a los bordes de la escotilla por la que saca parte del cuerpo hacia el exterior del vehículo. Coincide este rectángulo con las dimensiones del banco de madera que se ve en la imagen y sobre el que el jefe de vehículo va de pie para aumentar su altura y tener así una mejor visión del exterior. Este soporte tal y como indica la flecha, irá anclado al techo del pasillo que comunica la cámara de personal con el puesto del conductor.



Ilustración 16. Vista del interior de un vehículo BMR desde la parte posterior de la cámara de personal.



Ilustración 17. Detalle en el que se señalan las posiciones más frecuentes en las que el radio tirador se sienta.

El diseño del soporte se ha realizado en base a una serie de piezas⁹ diseñadas y unidas entre sí utilizando para ello el programa de diseño Solid Works. Para ello, se han tenido en cuenta las dimensiones de la tableta y de su soporte ya existente para que pueda acoplarse directamente a este nuevo diseño. También se han realizado las mediciones oportunas en el vehículo para hacer un dimensionamiento correcto de las piezas y poder obtener en este primer diseño un producto al que haya que realizarle las menores modificaciones posibles en un futuro proceso de perfeccionamiento.

A continuación, se comentará la forma en la que las piezas más importantes han sido creadas y la función que desempeñan.

En primer lugar, se ha diseñado una base para el soporte, esta base irá anclada al techo del vehículo por medio de cuatro tornillos de sujeción que quedarán permanentemente unidos al techo del vehículo. Este sistema permitirá retirar fácilmente el soporte de la tableta. Esta pieza incluye además dos planchas en forma de media luna con unos agujeros practicados en su superficie. El agujero central hará la función de eje respecto al cual rotarán el resto de los elementos del soporte permitiendo

⁹ Consultar el anexo D para ver en el plano con el desglose de piezas que componen el soporte.

así que adopten las tres posiciones posibles. En cuanto a los otros tres agujeros, servirán para introducir por ellos un pasador que bloquee el soporte en cada una de las tres posiciones que puede adoptar.

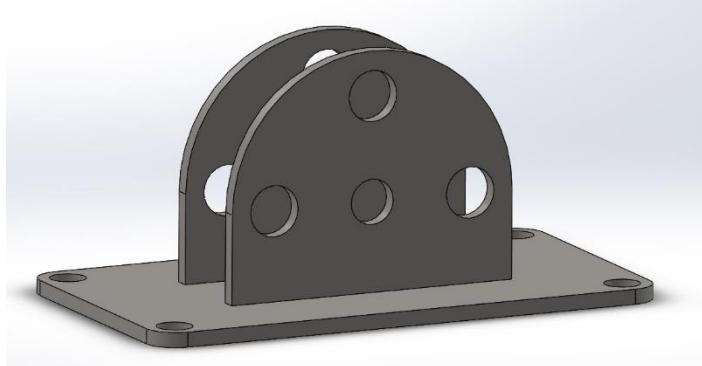


Ilustración 18. Base del soporte de la tableta.

La siguiente de las piezas que componen el soporte es el brazo con forma de ele, este brazo posee dos perforaciones en la parte inferior derecha por las que se introducirán dos pasadores. Uno de ellos hará la función de eje, permitiendo que el brazo pivote y cambie de posición y el otro se encargará de bloquear el brazo en cada una de las tres posibles posiciones que puede adoptar. En el extremo de la parte superior izquierda posee un agujero en el cual se encará el eje de la pieza a la cual irá directamente enganchada la tableta. Próximo a esta zona, se puede observar otra perforación de menor tamaño, esa perforación simula un agujero con el borde roscado que permitiera introducir un tornillo. Este tornillo debería servir para bloquear el giro del soporte para la tableta.

En cuanto a las medidas utilizadas, que se pueden ver en los planos de las piezas incluidos en el Anexo D, la altura y longitud totales del brazo han sido asignadas respecto a las mediciones tomadas en el interior de los vehículos para que quede en la posición correcta respecto al jefe de vehículo y al radio tirador. En cuanto a la sección del brazo, se han utilizado medidas estándar para tubos sección rectangular, en este caso se le ha asignado una sección de 40x30 mm. Para aumentar la resistencia a la flexión, la parte más larga de esta sección se ha colocado en paralelo a la dirección sobre la cual serán aplicadas la mayor parte de las fuerzas que este diseño deberá soportar.

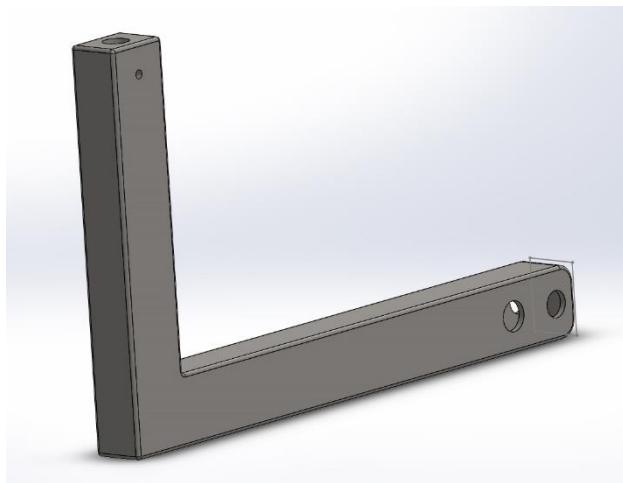


Ilustración 19. Brazo del soporte de la tableta.

La última de las piezas importantes es el soporte al que se enganchará la tableta. Este se ha diseñado de tal manera que pueda encajar con el soporte de la tableta que aparece en la ilustración 7 mediante un par de tornillos. Se encaja con el brazo mediante la sección circular que posee en su parte inferior, de esta manera puede rotar 360º respecto al eje vertical. El bloqueo de este giro se consigue mediante la presión que ejercerá sobre el eje el tornillo mencionado en el párrafo anterior. Cabe destacar que el soporte ya existente para la tableta, el cual irá unido a este, tiene la capacidad de rotar respecto al plano horizontal.



Ilustración 20. Pieza al cual irá anclada la tableta con su otro soporte.

El resto de las piezas que se han diseñado son los dos pasadores cilíndricos y otros dos que tienen la función de impedir que estos pasadores cilíndricos se muevan de su posición. A continuación, se muestran unas imágenes en las que se aprecian las distintas posiciones que el sistema diseñado puede adoptar y una imagen del diseño explosionado en la que se diferencian todos los elementos que lo componen.

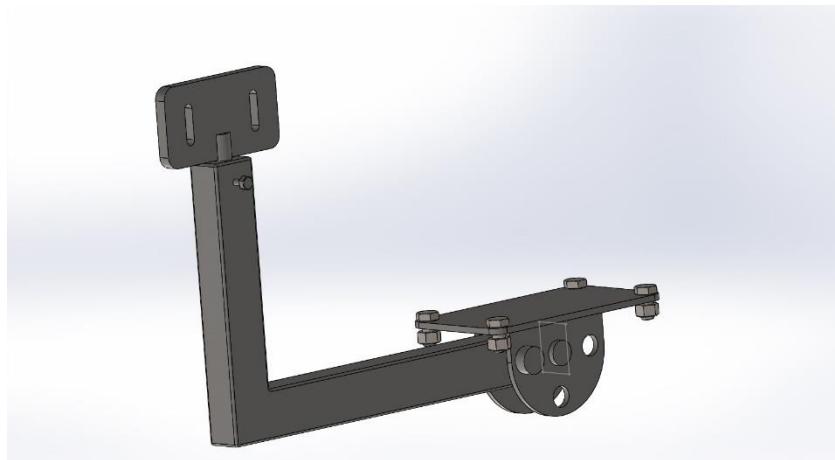


Ilustración 21. Soporte en posición para el jefe de vehículo.

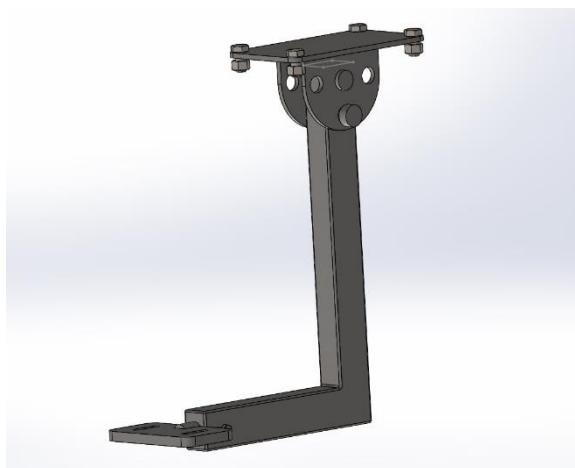


Ilustración 22. Soporte en posición para el radio tirador.

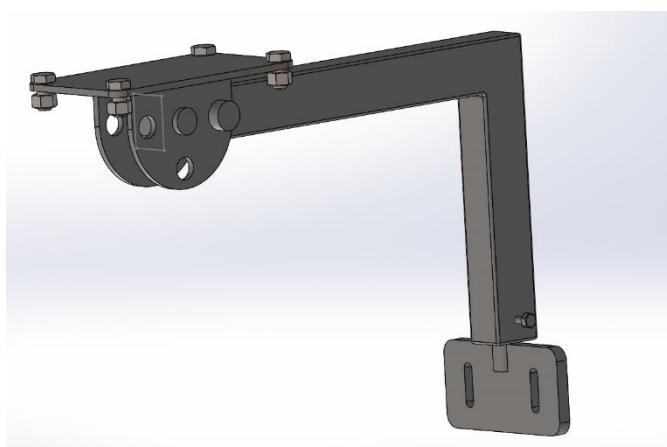


Ilustración 23. Soporte en posición para resguardar la tableta.



Ilustración 24. Explosión de las diferentes piezas que componen el soporte.

La primera posición corresponde a aquella en la que la tableta queda colocada de tal manera que el jefe de vehículo sea quien la controla. En la segunda imagen, el soporte está colocado de tal manera que la tableta podría ser manejada desde la cámara de personal y finalmente la tercera imagen corresponde a la posición en la cual la tableta queda resguardada en el pasillo que comunica la cámara personal con el puesto del conductor.

6.3 ESTUDIO DE CARGAS DE DISEÑO

Una vez finalizado el proceso de modelado del soporte, es necesario realizar un estudio de las cargas que el diseño propuesto es capaz de soportar con el fin de comprobar que esté capacitado para el desempeño de sus cometidos de forma segura. Estos estudios se realizarán utilizando una de las herramientas que ofrece el programa Solid Works, con el que se han modelado las piezas. De entre todas las piezas que componen el diseño, se estudiarán únicamente el brazo y la pieza a la que irá anclada la tableta con su soporte, ya que son las dos piezas más frágiles. El estudio se realizará con el soporte en la posición para el jefe de vehículo ya que es la posición en la que el soporte se someterá a mayores esfuerzos. Consideraremos, además, que el soporte con el que viene la tableta, mostrado en la ilustración 7, es lo suficientemente resistente como para soportar todas las fuerzas a las que se podrá ver sometido. En primer lugar, se realizará el estudio de cargas de diseño, con este primer estudio se pretende comprobar la resistencia de las piezas frente a únicamente la acción de las fuerzas generadas por la masa de la tableta.

Ambas piezas se someterán a las mismas fuerzas, en primer lugar, se ha tenido en cuenta la fuerza peso, dado que la masa de la tableta con su soporte es de unos aproximadamente 6kg, se le ha asignado un módulo de 60N a la fuerza peso. En segundo lugar, el hecho de que el centro de gravedad de esta masa esté desplazado respecto al soporte, genera un momento. La herramienta que se ha utilizado no permite incluir momentos con lo cual se han simulado mediante la aplicación de dos fuerzas de igual módulo, sentido opuesto y aplicadas cada una de ellas en puntos separados (par de fuerzas).

Para llevar a cabo el análisis, ha sido necesario analizar cada una de las piezas por separado, entre los parámetros necesarios para iniciar la simulación, ha sido necesario incluir los puntos de apoyo, el módulo, dirección y punto de aplicación de las fuerzas y el material del que estarán fabricadas las piezas. El material seleccionado ha sido el acero inoxidable modelo *American Iron and Steel Institute* (AISI) 304, esta decisión fue tomada en base a la recomendación de personal especialista del BZ VII. Estos especialistas afirmaban que el acero inoxidable es de los materiales más utilizados para este tipo de piezas ya que ofrece buenas propiedades mecánicas y no es necesario aplicarle ningún tipo de tratamiento contra la corrosión. Se consideró la elección del acero AISI 304 y del AISI 316 ya que son los dos aceros inoxidables más comunes. Tras realizar la simulación se ha seleccionado el acero AISI 304 ya que ofrecía una mejor resistencia frente a las fuerzas que se han aplicado.

En el caso del brazo, se ha obtenido un factor de seguridad de 30 en su punto más débil que como se aprecia en la imagen 25, corresponde con el borde las perforaciones a través de las cuales se introducirán los pasadores que bloquean el movimiento del brazo y lo sujetan en la base. Para la otra pieza, se ha obtenido un factor de seguridad muy similar. En cuanto a las deformaciones de las piezas, son en ambos casos prácticamente inexistentes.

A continuación, se muestran las imágenes en las que se ven representadas las fuerzas que actúan sobre las piezas, la tensión en N/m² que estaría soportando cada punto de las piezas y se puede ver también la forma en la que las piezas se deforman,

aunque de manera sobredimensionada ya que como hemos dicho, en la realidad esas deformaciones serían prácticamente imperceptibles.

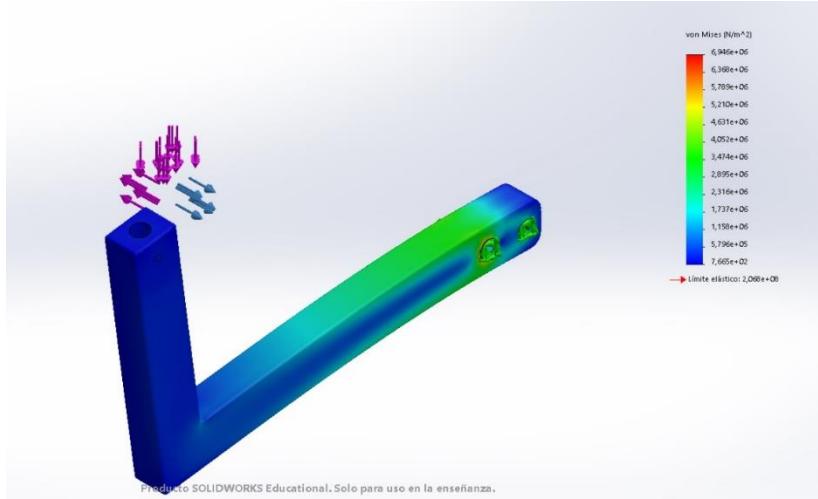


Ilustración 25. Estudio de cargas de diseño sobre el brazo.

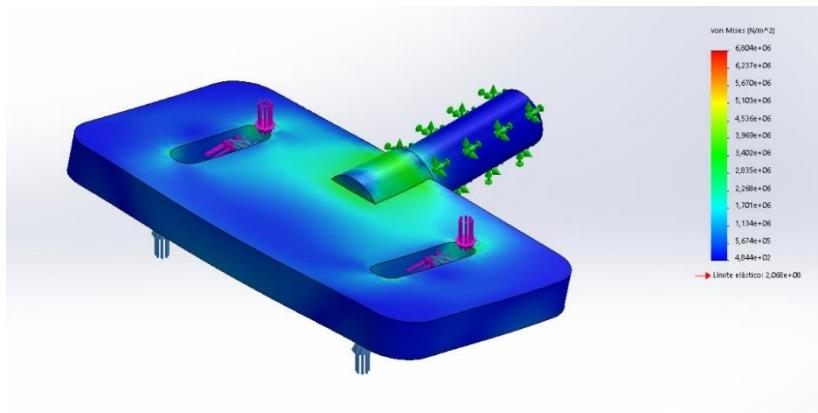


Ilustración 26. Estudio de cargas de diseño sobre el acople para la tableta.

6.4 ESTUDIO DE CARGAS ACCIDENTALES

Además de las cargas de diseño, el sistema estará sometido a numerosas fuerzas generadas por golpes, baches y movimientos bruscos del vehículo en movimiento e incluso la propia fuerza que el operador pueda ejercer sobre la pantalla táctil de la tableta. Todas estas acciones generarán una serie de fuerzas y momentos que se transmitirán al soporte y comprometerán su integridad estructural.

El modelado de estas fuerzas resulta bastante complejo ya que dependen de numerosos factores como el módulo de la fuerza, punto o superficie de aplicación, ángulo de aplicación, etc. y son en general unos parámetros difíciles de determinar. Debido a esto, nos centraremos en analizar cómo se comporta el soporte cuando el vehículo atraviesa una zona de baches, dado que el vehículo BMR suele desplazarse por terreno irregular, será una de las cargas más comunes a las que el soporte se deberá enfrentar.

Cuando un vehículo se desplaza puede encontrarse con dos tipos de irregularidades en el terreno, pueden ser elevaciones o hundimientos. En el caso de los hundimientos, el efecto de la aceleración de la gravedad disminuye y en el caso de las

elevaciones el efecto de la aceleración aumenta. Destacar, que en ambos tipos de irregularidades se producen aumentos y disminuciones en el efecto de la aceleración debido a los balanceos del vehículo, pero los efectos de mayor magnitud se producen de la forma en la que se ha indicado. Debemos fijarnos entonces principalmente en las elevaciones del terreno. Para la simulación utilizaremos los datos obtenidos en un estudio realizado en vehículo civiles al circular por carreteras en mal estado [8]. En este estudio obtuvieron un valor máximo para la aceleración de 12.64 m/s^2 , utilizaremos por lo tanto este valor y le aplicaremos un factor de corrección de 2, ya que es muy probable que las aceleraciones que se puedan experimentar en el interior de un BMR sean mayores.

Al realizar el estudio con estos nuevos valores, los nuevos factores de seguridad obtenidos son de 12 en el acople de la tableta y de 11.70 en el brazo, por lo tanto, serán capaces de soportar los baches y aún quedaría cierto margen.

6.5 CREACIÓN DEL PROTOTIPO

Con la finalidad de poder comprobar la validez del diseño, se ha creado un primer prototipo a tamaño real para así poder apreciar sus dimensiones reales y comprobar que su instalación en el vehículo es factible. Cabe destacar que, a pesar de haber sido creado a tamaño real, las piezas, al no estar fabricadas en el material estipulado en el diseño, no poseen la resistencia suficiente como para poder acoplar la tableta al prototipo. Para la creación de las piezas, a excepción del brazo, se ha utilizado una impresora 3D, el brazo se ha construido en base a tubos de hierro rectangulares que estaban disponibles en el parque de zapadores. En cuanto a las medidas del brazo, la sección del tubo utilizado para el prototipo no coincide con la utilizada en los planos debido a la falta de disponibilidad del material, sin embargo, sus medidas de longitud y altura total si coinciden. En cuanto al resto de piezas, destacar que debido a que el prototipo fue creado antes de realizar el estudio de cargas de las piezas, algunas piezas han sufrido pequeñas modificaciones en el diseño. Estas diferencias entre el diseño y el prototipo no son de importancia ya que como hemos dicho, la función de este primer prototipo es comprobar que sus dimensiones totales son correctas y que al instalarlo en el vehículo no entra en conflicto con ninguno de los elementos que están ya presentes en él.

Al colocar el prototipo en la posición que debería ocupar, se ha comprobado que sus dimensiones eran correctas y permite que pueda adoptar las tres posiciones. Se ha podido comprobar, además, que desde su posición a penas limita el movimiento del jefe de vehículo y que queda a una buena altura para ser operado por él.

A continuación, se muestran imágenes de este prototipo colocado en el puesto que le corresponderá en el interior de uno de los vehículos. Primeramente, en la imagen 27, se aprecia la colocación de la base del soporte desde dos ángulos distintos¹⁰.

¹⁰ Consultar ilustración 16 para obtener una imagen más general del vehículo.



Ilustración 27. Detalle del asentamiento de la base del soporte con el brazo en posición jefe de vehículo.

En segundo lugar, se muestra el soporte en sus posiciones de jefe de vehículo y de radio tirador. Se aprecia entre otras cosas, que el soporte ocupa únicamente la parte izquierda de la escotilla por la que se asoma el jefe de vehículo, dejando libre toda la parte derecha, que como se ha indicado anteriormente, es la zona en la que se posiciona la mayor parte del tiempo.



Ilustración 28. Soporte en posición jefe de vehículo.

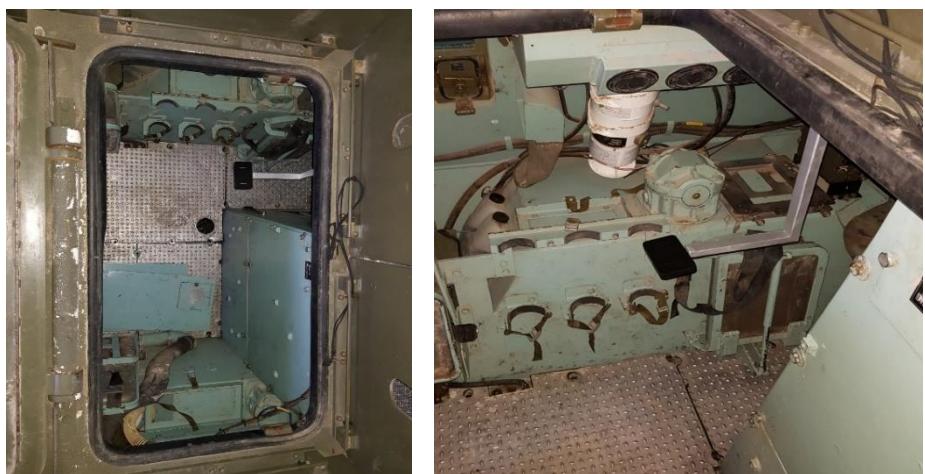


Ilustración 29. Soporte en posición radio tirador.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 CONCLUSIONES

Tras la realización del estudio para poder llevar a cabo la implantación del sistema BMS en los vehículos BMR-VCZ, hemos llegado a la conclusión de que es una tarea factible ya que la unidad a día de hoy cuenta con todo el material y personal necesario para llevar a cabo dicha instalación.

Considero que la opción elegida para la colocación de la tableta es la más acertada ya que entre las distintas opciones era la que mayores beneficios aportaba a la instalación.

Tras la creación del prototipo, considero que el diseño es viable y que además cumple con las expectativas con las que fue creado e incluso podría introducir mejoras respecto a la instalación llevada a cabo en los vehículos del BZ II ya que la tableta queda colocada en una posición más cómoda para el jefe de vehículo y limita mucho menos su movilidad.

7.2 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

En el caso de que se decida continuar con el proyecto, el personal necesario para llevarlo a cabo sería básicamente, especialistas en telecomunicaciones, electricistas y trabajadores cualificados para trabajar con piezas metálicas. Considero además que continuar con este proceso de implantación debería ser una de las prioridades de la unidad debido a todos los beneficios que este sistema podría aportarles.

Otro de los aspectos que considero necesario a la hora de continuar con este proyecto es la necesidad de crear un prototipo utilizando las mismas medidas y materiales que el diseño final y realizar pruebas reales de campo con él. Considero que esto es necesario ya que, a pesar de los buenos resultados obtenidos en los estudios de cargas, la simulación no ha sido real al 100% ya que resulta muy complicado estimar las cargas accidentales a las que pueden estar sometidas las piezas del soporte.

Finalmente, cabe destacar que una vez se hubiera terminado con el perfeccionamiento y construcción del soporte, sería necesario someterlo a un proceso de homologación para poder realizar la instalación en el vehículo de manera oficial y que el vehículo estuviera en condiciones de operar con esta nueva instalación y superar controles como la Inspección Técnica de Vehículos (ITV).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Departamento de Ciencia Militar de la AGM, *Presentación Sistema BMS*, 2020.
- [2] INDRA/THALES, *Manual Usuario BMS*, 2017.
- [3] INDRA/THALES, *Manual Administrador BMS*, 2017.
- [4] Mando de Adiestramiento y Doctrina, *MI6-401 Tripulación del vehículo de combate de zapadores/BMR*, 2001.
- [5] Departamento de Ciencia Militar de la AGM, *Táctica y logística de ingenieros*, 2020.
- [6] Allied Joint Force Command Brunssum, San Gregorio, 2015.
- [7] Mando de Adiestramiento y Doctrina, *MT6-701 vehículo BMR*, 1998.
- [8] Miguel Augusto Azar, María Antonia Tapia, *Detección de Averías Viales Mediante IoT Aplicada a Smart Cities*, 2018.
- [9] Tte. D. Carlos Santiago González Yagüe, *Implantación del BMS en la plataforma VRCC Centauro*, 2017.
- [10] Tte. D. Juan Manuel García Sobrido, *Capacidades y limitaciones del sistema BMS*, 2017.

(Página intencionadamente en blanco)

TABLA DE ANEXOS

ANEXO A: ENTREVISTA

ANEXO B: ENCUESTA

ANEXO C: RESULTADOS ENCUENTAS

ANEXO D: PLANOS DEL DISEÑO

ANEXO A. ENTREVISTA

- Nombre:
 - Empleo:
 - Puesto táctico que ocupa:
1. ¿Qué puesto/s táctico/s ha ocupado anteriormente?
 2. ¿Qué conocimientos/experiencia tiene sobre el sistema BMS?
 3. Detalle brevemente su experiencia con el vehículo BMR.
 4. ¿Desde su punto de vista, cuál sería la mejor ubicación del elemento de control del sistema, es decir, la tableta rugerizada?
 5. ¿Hasta qué punto considera necesario que el jefe de vehículo debería tener acceso en todo momento a la pantalla de la tableta?
 6. ¿Cree que es necesario que la tableta esté instalada en el puesto de jefe de vehículo y por lo tanto, que sea controlada por el jefe? O por el contrario que sea el operador radio.
 7. ¿Cuáles cree que pueden ser los principales problemas que puede ocasionar el tener instalado este nuevo sistema dentro del vehículo?
 8. ¿Cuáles piensa que pueden ser las principales dificultades o inconvenientes a la hora de instalar el BMS en los BMR?
 9. Sabiendo cuáles son todos los elementos necesarios para la instalación del BMS, ¿cree que puede ocasionar problemas de limitación de espacio?

ANEXO B. ENCUESTA

Tras la realización de la primera entrevista, se ha llegado a la conclusión de que hay tres posibles posiciones para ubicar la tableta en el vehículo. La primera, colocar la tableta en una posición fija para que sea el jefe de vehículo quien la controle. La segunda posible ubicación es colocarla en una posición fija al alcance del radio tirador para que sea este quien la controle. La tercera ubicación posible consiste en colocarla sobre un soporte móvil que permita que cambie de posición y que así pueda ser controlada por el jefe del vehículo o por el radio tirador. Con esta encuesta, se pretende determinar cuál de estas tres opciones es la más adecuada y en base a eso, poder diseñar un soporte para posicionar la tableta en dicha posición.

INSTRUCCIONES

Para completar la encuesta, debe completar los huecos, que están asociados a una de las tres posibles ubicaciones y a uno de los aspectos a evaluar. En función del nivel de satisfacción debe asignar en cada casilla un valor del 1 al 5, siendo 1 el valor más bajo y 5 el más alto.

ANEXO B. ENCUESTA

- Nombre:
- Empleo:
- Puesto táctico que ocupa:

P1: Posición fija en la que el jefe de vehículo controla la tableta.

P2: Posición fija en la que el radio tirador controla la tableta.

P3: Soporte móvil para que la tableta pueda variar su posición y ser controlada tanto por el jefe de vehículo como por el radio tirador.

A1: Protección de la tableta frente a agresiones externas (lluvia, polvo, sol, etc.).

A2: Libertad de movimiento para el jefe de vehículo.

A3: Libertad de movimiento para el radio tirador.

A4: Conflictividad con otros elementos ya presentes en el vehículo. (una puntuación de 5 en este apartado significa que la conflictividad es mínima y un 1 significa que es máxima).

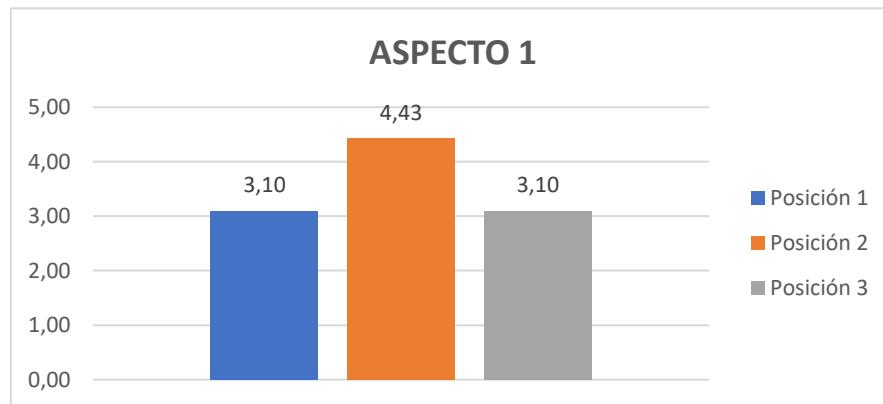
A5: Accesibilidad para el jefe de vehículo sin necesidad de modificar su posición.

A6: Satisfacción general con la posible ubicación.

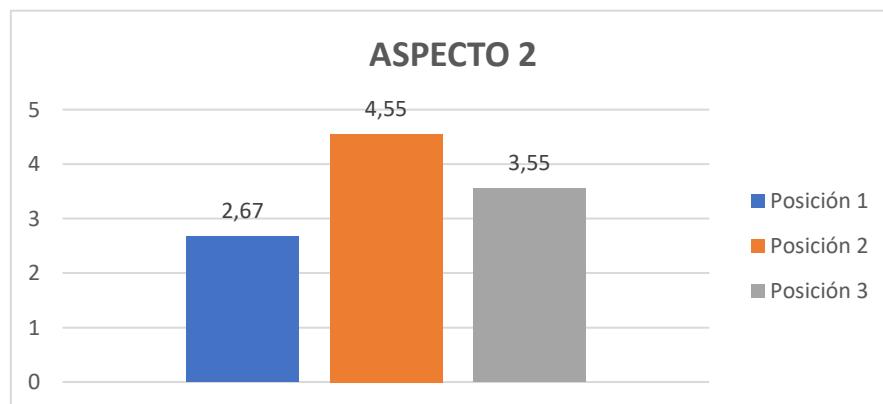
	P1	P2	P3
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
TOTAL			

ANEXO C. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

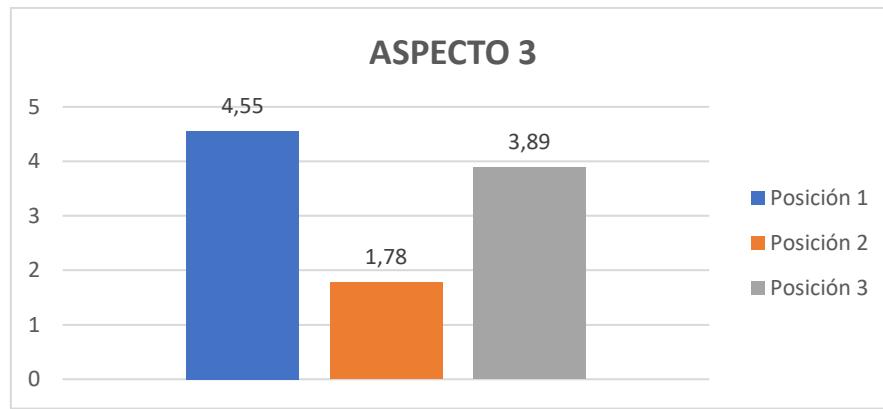
1) Protección frente a agresiones externas (polvo, lluvia, sol, etc.).



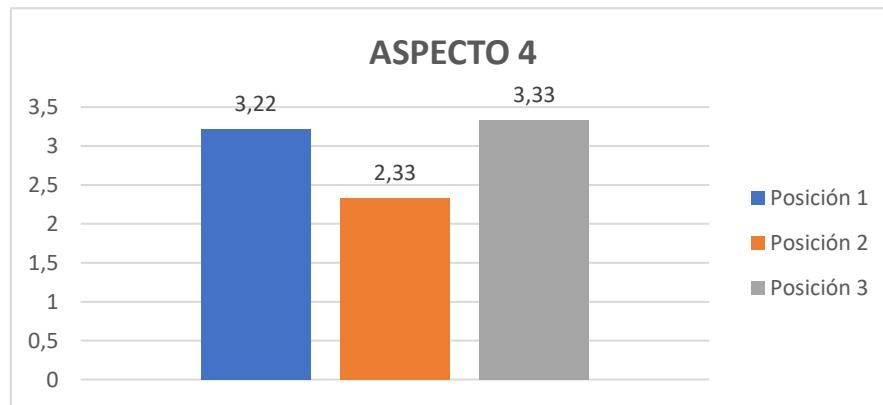
2) Libertad de movimiento para el jefe de vehículo.



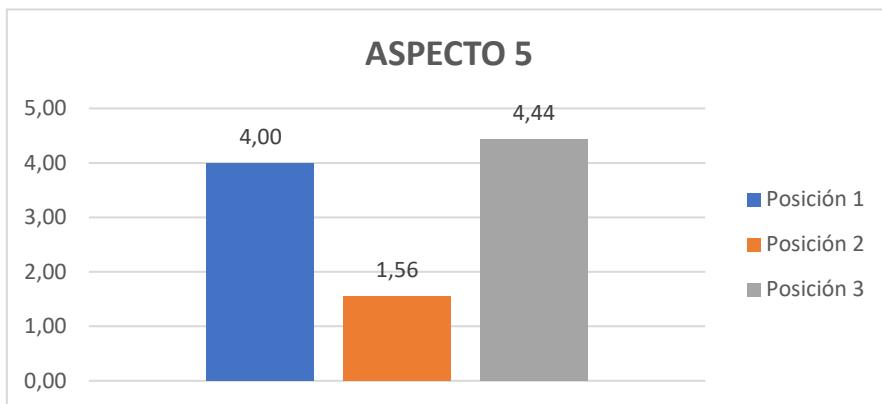
3) Libertad de movimiento para el radio tirador.



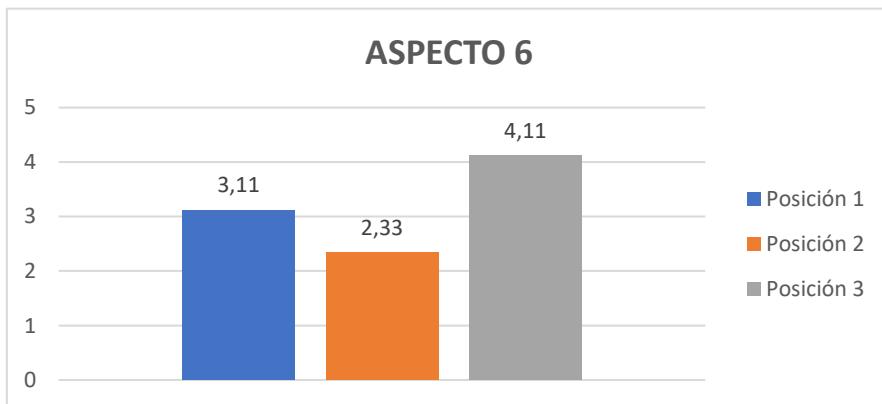
4) Conflictividad con otros elementos ya presentes en el vehículo. (una puntuación de 5 en este apartado significa que la conflictividad es mínima y un 1 significa que es máxima).



5) Accesibilidad para el jefe de vehículo sin necesidad de modificar su posición.

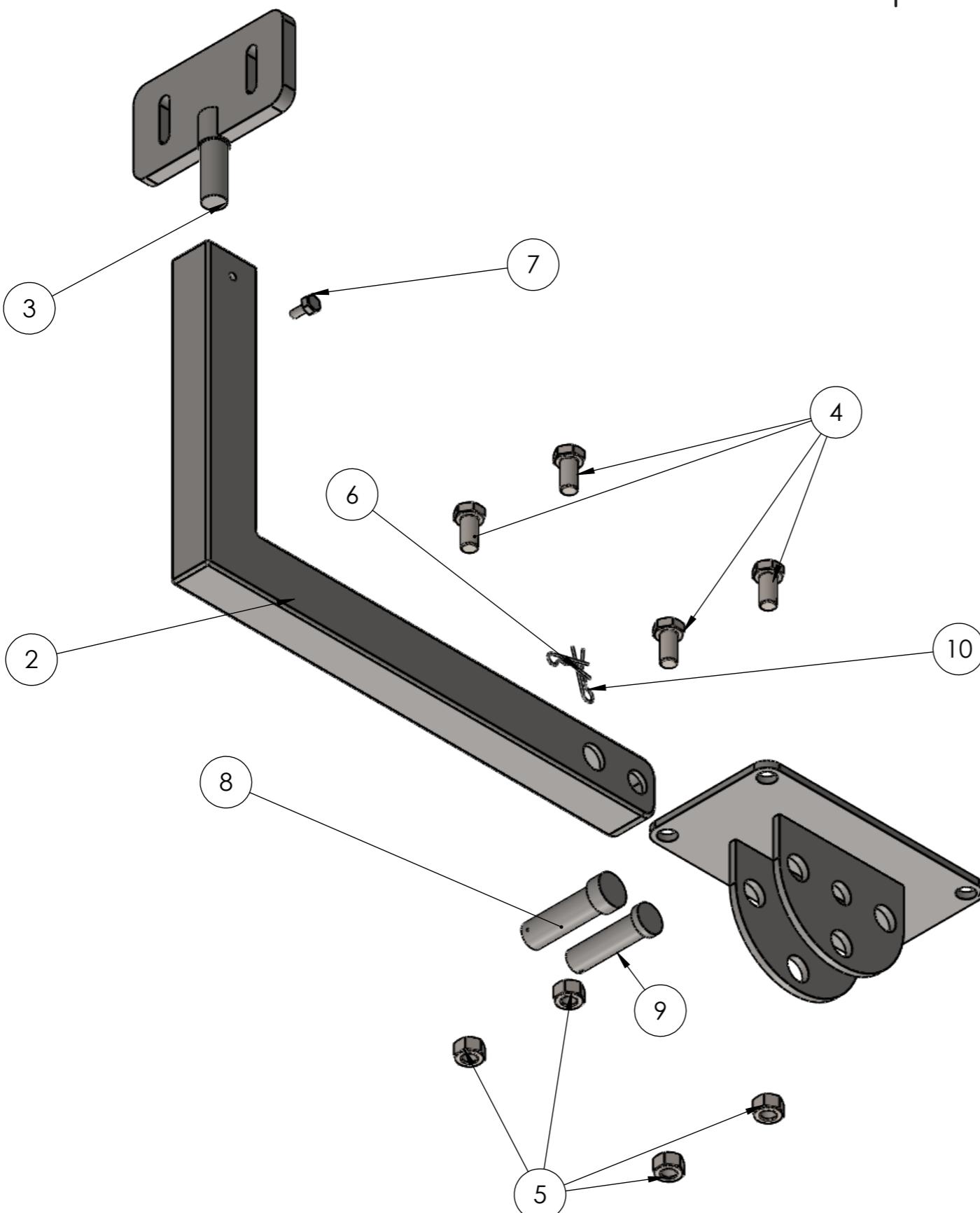


6) Satisfacción general con la posible ubicación.



ANEXO D. PLANOS DEL DISEÑO

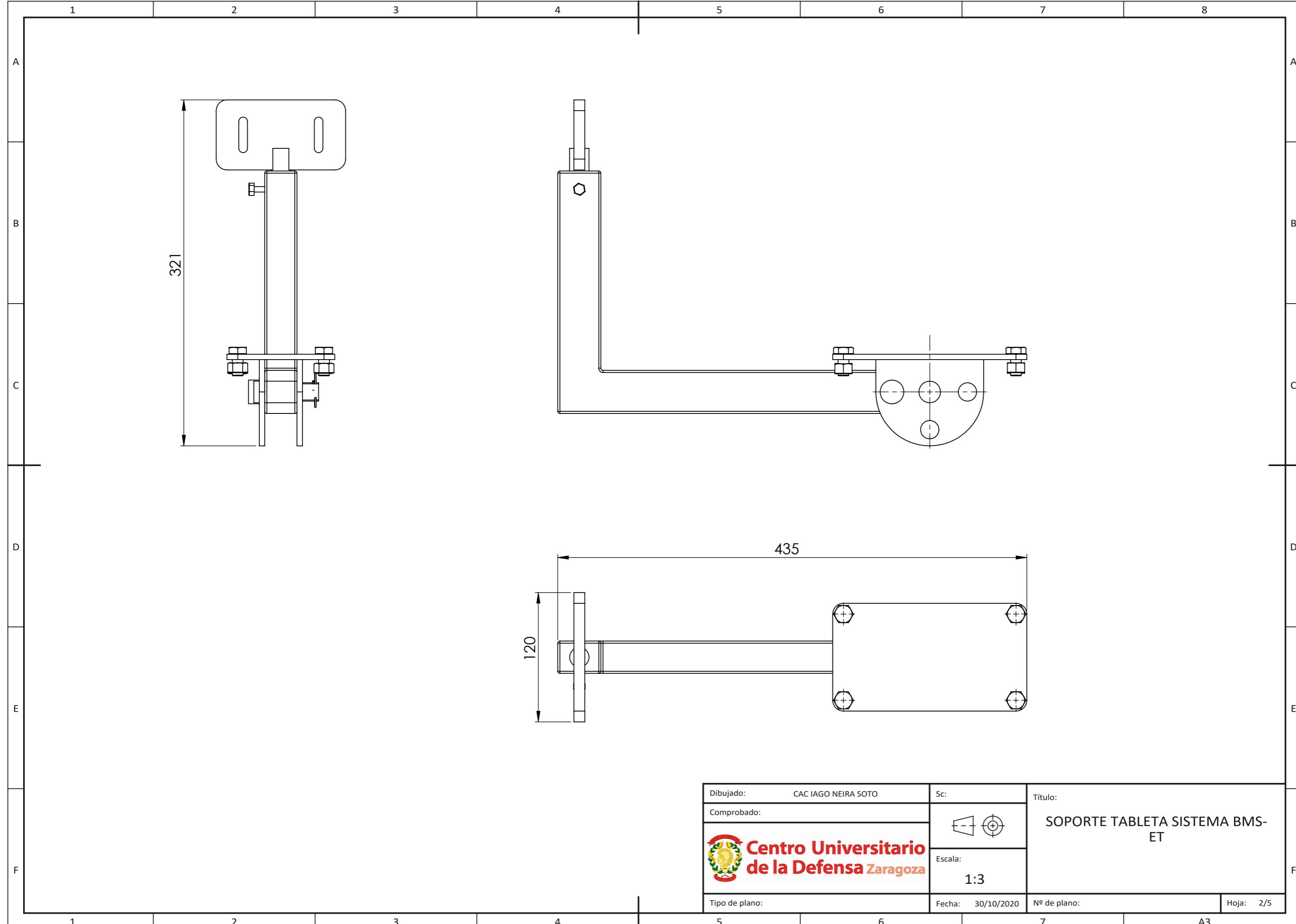
1 2 3 4 5 6 7 8



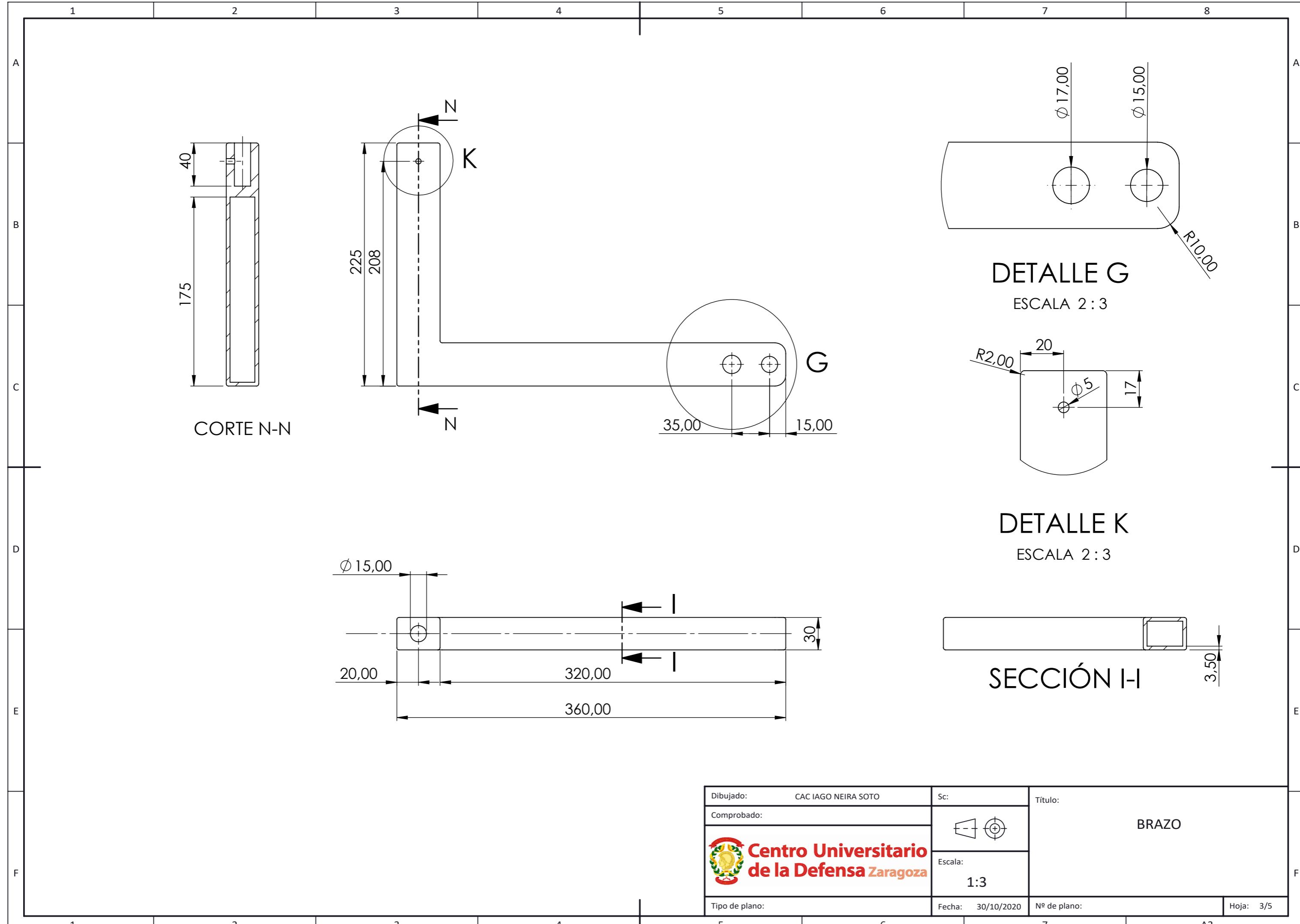
Item	Cant.	Descripción	Norma/Material
10	1	PASADOR	AISI 304
9	1	PASADOR EJE CENTRAL	AISI 304
8	1	PASADOR BLOQUEO BRAZO	AISI 304
7	1	BLOQUEO SOPORTE TABLETA	AISI 304
6	1	PASADOR	AISI 304
5	4	TUERCA	AISI 304
4	4	TORNILLO	AISI 304
3	1	SOPORTE TABLETA	AISI 304
2	1	BRAZO	AISI 304
1	1	BASE DEL SISTEMA	AISI 304

Dibujado:	CAC IAGO NEIRA SOTO	Sc:	Título:
Comprobado:			
			SOPORTE TABLETA SISTEMA BMS-ET
Escala:	1:3		
Tipo de plano:		Fecha: 30/10/2020	Nº de plano:
			Hoja: 1/5

1 2 3 4 5 6 7 8

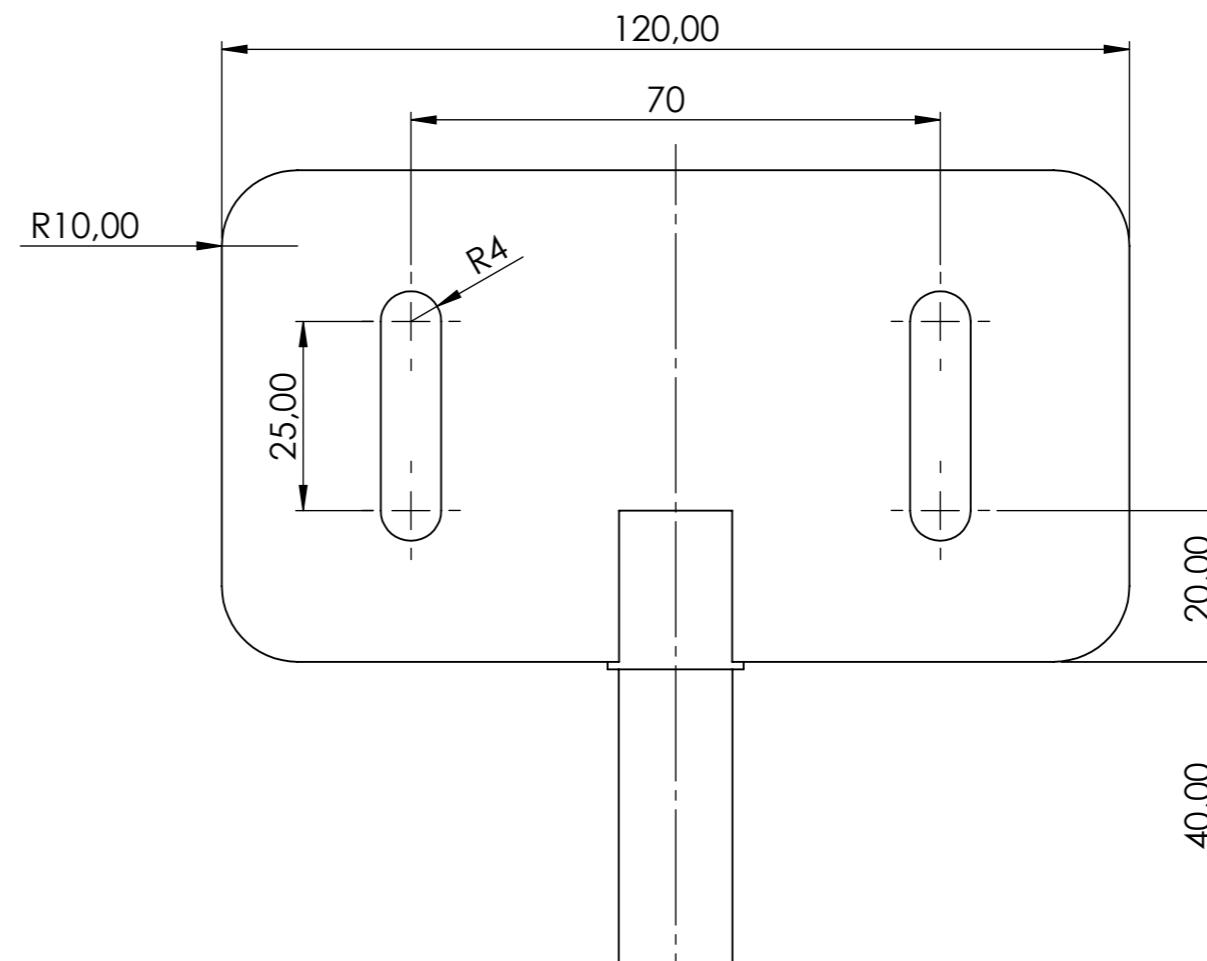
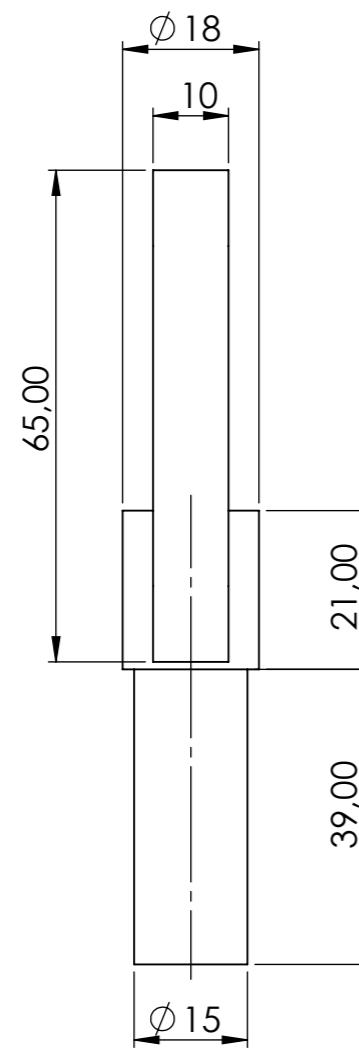


1 2 3 4 5 6 7 8



1 2 3 4 5 6 7 8

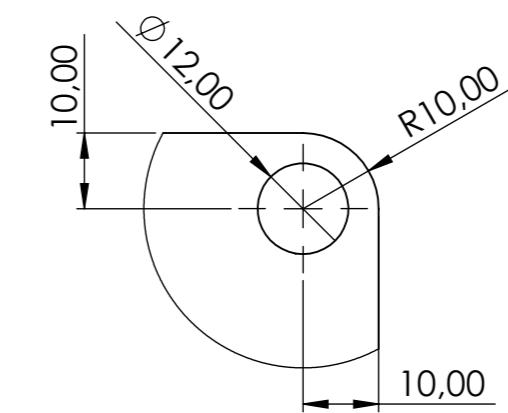
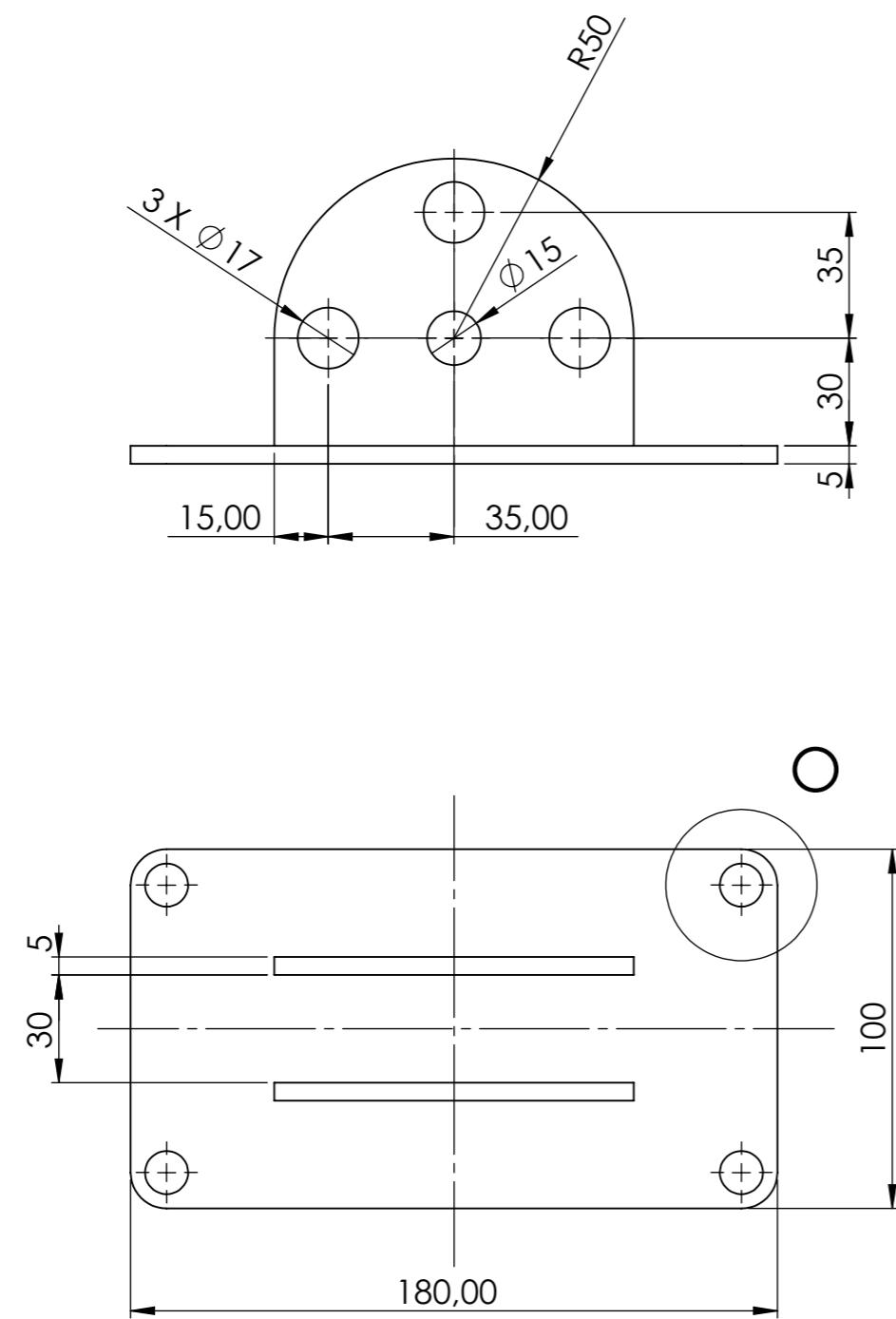
A A



Dibujado:	CAC IAGO NEIRA SOTO	Sc:	Título:
Comprobado:			
			SOPORTE TABLETA
Escala:	1:1		
Tipo de plano:		Fecha: 30/10/2020	Nº de plano:
			Hoja: 4/5

1 2 3 4 5 6 7 8

A A
B B
C C
D D
E E
F F



DETALLE O
ESCALA 1 : 1

Dibujado:	CAC IAGO NEIRA SOTO	Sc:	Título:
Comprobado:			
	Centro Universitario de la Defensa Zaragoza	Escala: 1:2	SOPORTE
Tipo de plano:		Fecha: 30/10/2020	Nº de plano:
			Hoja: 5/5