

Trabajo Fin de Grado

Sistemas de identificación amigo enemigo (IFF)
en el carro de combate español

Autor

D. Iker Mendinueta Bernardos

Director/es

D. Sergio Gutiérrez Rodrigo

D. Arturo López González

Índice

1.	Introducción.....	1
1.1.	Ámbito de aplicación, objetivos y metodología.....	1
1.2.	Antecedentes.....	3
2.	Sistema IFF	4
2.1.	Generalidades.....	4
2.2.	Funcionamiento.....	4
	Modo 5 Reverse.....	7
3.	Modelos IFF terrestres actuales.....	7
3.1.	Identificación Visual.....	7
3.2.	Geolocalización	10
4.	Sistemas del carro de combate Leopard 2E	10
4.1.	Sistema de mando y control	11
4.2.	Sistema de comunicaciones	12
4.3.	Sistema de adquisición de objetivos	12
	Periscopio EMES -Cámara térmica.....	13
	Periscopio panorámico de puntería estabilizada PERI-R17 A2.....	15
	Telémetro Láser.....	15
5.	Posibles sistemas IFF a introducir en el carro de combate	16
5.1.	Battlefield Target Identification Device (BTID)	16
5.2.	Radio-Based Combat Identification (RBCI).....	20
6.	Implementación del BTID.....	21
6.1.	Implementación física.....	22
	Colocación del elemento transpondedor.....	22
	Colocación del elemento interrogador	23
	Colocación del procesador y la unidad de control.....	23
6.2.	Implementación del software	25
7.	Conclusiones y líneas futuras.....	25
7.1.	Conclusiones	25
7.2.	Líneas futuras	26
	Bibliografía	28
	Anexos	29
	Anexo A. Entrevista a personal de la unidad.....	29
	Anexo B: Generalidades de la PR4G.....	34
	Anexo C: Generalidades del Sistema ROVIS.....	35
	Anexo D: Importancia de la selección de ecos del telémetro láser	36

Listado de figuras

Figura 1: Esquema básico de funcionamiento con diagrama de bloques [Extraído de [5]]	5
Figura 2: Maqueta de torre del carro M1 Abrams con placas CIP	9
Figura 3: Visión de las placas CIP (Negro) a través de una cámara térmica	9
Figura 4: Pintura luminiscente sobre panel / Paineles preparados para la pintura	10
Figura 5: Puesto del Jefe de Carro con BMS-Lince encendido	11
Figura 6: Interfaz del BMS-Lince sobre terreno táctico	12
Figura 7: Cámara térmica EMES Polaridad Blanco / Negro	14
Figura 8: Visor térmico del JC Polaridad Blanco / Negro	14
Figura 9: Visores oculares de la Cámara Térmica del T / Pantalla del Visor Térmico del JC asociado al PERI	14
Figura 10: PERI R17-A2 sin blindaje de protección	15
Figura 11: Red de enlace de datos con los modos DEM/DDL y Platoon/Universal [Extraído de [12]]	18
Figura 12: Componentes del BTID [Extraído de [12]]	19
Figura 13: Configuraciones del sistema BTID - CIT / TXP [Extraído de [12]]	19
Figura 14: Colocación del Transpondedor BTID. Imagen elaborada a partir del manual MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón	22
Figura 15: Colocación del Interrogador BTID. Imagen elaborada a partir del manual MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón	23
Figura 16: Colocación del Procesador de datos BTID. Imagen elaborada a partir del manual MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón	24
Figura 17: Colocación de la Unidad de control BTID (imagen del puesto de JC en simulador Leopard 2E)	24
Figura B.1.:PR4G original [Extraída de http://www.ejercito.mde.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html]	34
Figura C.1.:Caja de control de comunicaciones del Sistema ROVIS	35
Figura D.1.:Croquis explicativo selección del primer eco	36
Figura D.2.:Croquis explicativo selección último eco	37

Listado de tablas

Tabla 1:Descripción de los modos IFF utilizados en la aviación	7
Tabla 2: Análisis DAFO del sistema RBCI	21
Tabla B.1.: Especificaciones del Radioteléfono PR4G [Información Extraída de http://www.ejercito.mde.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html]	34

Agradecimientos

La elaboración de este trabajo supone el alcance de una meta muy ansiada durante estos duros pero agradecidos años en la Academia General Militar; la finalización del Grado de Ingeniería en Organización Industrial y, por consiguiente, la obtención del despacho de Teniente que tanto esfuerzo y sacrificio ha costado. Pero, sin duda, ahora empieza una nueva etapa que requerirá de estos mismos ingredientes para el mejor desempeño de mis funciones. Por eso, me gustaría en estas breves palabras agradecer a aquellas personas que me han ayudado en la medida de sus posibilidades para lograr este objetivo con la realización de este Trabajo Fin de Grado.

Quisiera agradecer principalmente al Capitán D. Arturo López González y al Teniente D. Borja Sanz Calero por todo el tiempo invertido en ayudarme para que pudiera disponer de todos los medios posibles que facilitasen mi labor en este trabajo. Así mismo, no puedo dejar en el olvido la enorme hospitalidad recibida en su unidad RIAC 61, concretamente, en la 6ª Compañía, por parte de todo su personal que tiene un gran valor humano y han conseguido transmitirme ese orgullo de tiburón que les caracteriza.

También he de agradecer al Profesor D. Francisco Aznar Tabuenca por su inicial impulso en la orientación de este trabajo y al Profesor D. Sergio Gutiérrez Rodrigo por sus consejos y sugerencias abordadas en la finalización de este trabajo.

Por último, me gustaría agradecer a todo el personal consultado que ha sido abnegadamente partidario de prestarme toda la ayuda necesitada, así como, información de gran utilidad. En especial, al Capitán D. Ignacio Navarro García-Gutiérrez que ha demostrado ser una gran fuente de sabiduría en todo lo concerniente a los carros de combate y, al Brigada D. Jorge Bautista Aparicio por su amabilidad y por la especial utilidad que le he dado a la información que me ha brindado.

Abstract

The IFF (Identification Friend or Foe) are systems that allow us to decide a specific target's nature between friend or enemy and become easier the control and coordination of situations with the foresight of a possible unknown or hostile subject.

By the moment, the main development and use of this kind of systems has been carried out in the aviation due to the different incidents occurred during the Second World War with enemy deception movements efficiently done thanks to the lack of the IFF systems. Looking into the ground units, as a consequence of the difficulty that is needed for the correct identification of the possible armoured/mechanized enemies at the battlefield, and also, taking care of other actual tanks' factors like efficient fire distance (about some kilometres) or the targets localization in poor visibility conditions (at night, bad weather), it is necessary to achieve and introduce an electronic system capable of difference between allied or enemy targets without any doubts in order to avoid friend fire as it has already happened in some places. For this reason, the main goal of this work will be to propose a possible IFF system for de Spanish tank that fits its capabilities, letting us to locate a target and classify it in friend or foe immediately. It should be note that there is no IFF system as it is known (an electronic device which determined what kind of target you are facing) for the ground units. Something that was a huge trouble during the Gulf War, codenamed Operation Desert Shield.

In order to achieve this goal, the main actual IFF prototypes will be studied, selecting the most indicated for being introduced in the Spanish tank. One of the steps that have been included in the work is the analysis of other types of identification methods already used or developed by some military units. On the one hand, there are visual methods based on the ways to recognise an allied unit, without being discovered by the enemy, using special lights or paints which can be seen with special IR viewers. On the other hand, there are other methods more sophisticated which use geolocation systems to follow the allies' movement allowing an accuracy control of each one position like the BMS-Lince in the Spanish tank Leopard 2E.

As a result of the complicated systems that the Spanish tank presents, it is necessary to look for the best way to introduce the new IFF system. For this reason, a study of the different tank systems will be done. It will only include the main systems correlated with the IFF such as command and control, communication and targeting systems. Moreover, the way to include this introduction needs to maintain or improve the actual capabilities and limitations of the tank ensuring the compatibility between the systems.

About the IFF systems we will talk about on this project, we will find two possible options to be introduced in the Leopard 2E. The first one, and the most viable for the moment according to its mature grade, is the BTID (Battlefield Target Identification Device). This system has been developed thanks to the investigation work done by the Ministry of Defense and Indra, and it has been proved as an incredibly useful tool. So, this is the

technology mainly studied for being introduced in the tank. The last one, is the RBCI (Radio-Based Combat Identification). In this case, it is based in a young technology that still requires some years of development to be use as an IFF system. RBCI needs special radio equipments called SDR (Software Defined Radio) because of their capabilities and functions which can be very different depending on their software definition. However, this kind of technology is treated as a future tempt due to its potential which have not been squeezed yet.

The research will show us that the best way to include an IFF system at this moment, is to proceed to the BTID implementation in order to provide ground units with the IFF capabilities at the battlefield as quickly as possible while the RBCI development continues his way. RBCI seems to be more practical but it is not ready for being implemented so, as a consequence of the battle needs, BTID should be introduced firstly.

Abreviaturas

BFT – Blue Force Tracking
BMS – Battlefield Management System
BTID – Battlefield Target Identification Device
CIDT – Combat Identification Designed Target
CIP – Combat Identification Panel
CIT – Combined Interrogator/Transponder
DDL – Digital Datalink
DEM – Data Exchange Mode
DGAM – Dirección General de Armamento y Material
GPS – Global Position System
IFF – Identification Friend or Foe
IR – Infrarrojos
JC – Jefe de carro
RBCI – Radio-Based Combat Identification
RIFF – Reverse Identification Friend or Foe
SA – Situational Awareness
SDR – Software Defined Radio
SSR – Secondary Surveillance Radar
STANAG – Standard Agreement
TDMA – Time Division Multiple Action
TXP – Transpondedor TXP-3620

1. Introducción

Un sistema IFF (*Identification Friend or Foe*) es un medio por el que un individuo consigue discernir entre la naturaleza amiga o enemiga de otro objetivo, por el momento, desconocida. Por lo general, emplean dispositivos electrónicos que intercambian información mediante señales radioeléctricas. Pero también existen otras formas de identificar a un individuo más tradicionales, ya sea a través de emisiones de luz o simples códigos concertados previamente.

Hoy en día, los sistemas IFF se han desarrollado de manera muy satisfactoria en el sector de la aviación, permitiendo alcanzar un control del tráfico aéreo enormemente eficaz tanto en el mundo civil como en el militar, con diversos modos diferenciados fundamentalmente por su capacidad de cifrado.

Sin embargo, el empleo de un sistema IFF similar para la identificación de objetivos terrestres es algo que aún no está muy desarrollado y que cada vez cobra mayor importancia a medida que avanza la tecnología, existiendo a día de hoy modalidades de identificación algo rudimentarias.

La búsqueda de un sistema IFF terrestre eficaz es algo que es muy demandado, principalmente por las distintas naciones que ven en esta tecnología un gran avance para sus ejércitos. La capacidad de dotar a sus vehículos de esta posibilidad significa una gran ventaja en el mando y control de sus unidades, y, sobre todo, contra el enemigo si tenemos en cuenta el combate de largo alcance que los carros de combate pueden llevar a cabo.

Por ello, son muchas las empresas que compiten actualmente por un diseño válido de dicho sistema bajo gran secretismo y confidencialidad en su desarrollo. A pesar de este secretismo, podemos encontrar diversas modalidades IFF que se están desarrollando. Algunas de ellas, como US. LUMITEX INC, centran sus esfuerzos en un modo visual (pinturas no visibles al ojo humano, pero sí con visores ópticos específicos) otras, como Radio-Electronic Technologies, optan por emplear un sistema más parecido al de la aviación (Interrogador-Transpondedor explicado más adelante).

En España también existen bastantes entidades concentradas en estos términos. Entre ellas, Indra y la propia DGAM del Ejército de Tierra centradas en desarrollar un sistema para el próximo vehículo 8x8 (ocho ruedas en cada lado) que se sumará a las filas del ejército español.

1.1.Ámbito de aplicación, objetivos y metodología

Dado los constantes avances tecnológicos que se dan actualmente en todo tipo de campos, ultimar nuestros medios y posibilidades tácticos y estratégicos se convierte en una necesidad. Más

aún en el ámbito de nuestras Fuerzas Armadas donde la defensa depende íntimamente de la tecnología. Es de vital importancia tratar de mantenerse a la vanguardia en este sector, que posibilita la mejora de nuestros sistemas y, por tanto, la ventaja en el campo de batalla.

El objetivo principal de este trabajo es encontrar un sistema IFF para el actual carro de combate español Leopard 2E que se ajuste a sus posibilidades y dotarle así de la capacidad de localizar y clasificar objetivos como amigos o enemigos. Con este propósito se han marcado una serie de objetivos secundarios con sus respectivos métodos de trabajo, que a continuación se detallan:

- Entender el funcionamiento de los sistemas IFF; tipos, modos de funcionamiento y motivos que originaron su desarrollo. Para ello, se procederá a la recopilación y análisis de información al respecto.
- Identificar sistemas IFF actuales de uso terrestre adaptados a vehículos y posibles medios similares al carro de combate. Se realiza una búsqueda y análisis de información mediante entrevistas a personal principalmente, dado el limitado acceso a dicha información, la cual está sujeta a bastantes términos de confidencialidad por parte de las empresas y otras entidades.
- Analizar y describir los sistemas que se integran en el carro de combate Leopard 2E. Para este objetivo se ha solicitado información al Ministerio de Defensa, concerniente a aquellos sistemas del vehículo que tienen una especial correlación con el nuevo sistema IFF a implementar.
- Encontrar un sistema IFF adaptado a las capacidades y limitaciones del carro. Se estudian los sistemas que están actualmente en desarrollo y se elige el de mejor viabilidad indicando las aportaciones necesarias para su implementación en el carro.
- Idear la mejor forma de introducir el sistema IFF en el carro de combate Leopard 2E, buscando el menor cambio posible de los sistemas actualmente implementados. Para ello, se realiza un análisis de la implementación física del sistema IFF además de las posibilidades de incluir un software que facilite la interoperabilidad del sistema de mando y control con el nuevo a introducir.

1.2. Antecedentes

A lo largo de la historia, siempre ha existido un pequeño porcentaje de bajas propias por fuego amigo en cualquiera de las guerras que han tenido lugar. Sin embargo, el momento histórico en el que esta situación se vio dramáticamente destacada fue durante la Guerra del Golfo de 1991¹.

Esta guerra fue sin duda el primer salto hacia importantes cambios estratégicos impulsados por la nueva tecnología que se utilizó. Elementos como las municiones de precisión guiadas por láser o GPS, utilizadas por primera vez de forma masiva en este conflicto, junto con los nuevos cazabombarderos y bombarderos “invisibles”², así como las ventajas propias de los carros de combate en lo referido a GPS, visión nocturna, telémetro láser, etc., dieron una posición dominante al bando aliado sobre las tropas iraquíes durante todo el conflicto[1][2].

Por el contrario, la novedad y superioridad de esta tecnología tuvo graves consecuencias debido a la falta de coordinación entre las unidades en acción, sobre todo, entre fuerzas aéreas y fuerzas terrestres que se emplearon también en escenarios nocturnos dificultando en gran medida la capacidad de mando y control. Esta falta de coordinación supuso un número considerable de bajas aliadas por fuego amigo. Alcanzando un total de 44 muertes; 35 norteamericanas y 9 británicas. Además de otros 78 heridos. Considerando que el total de muertes en combate fue de 146 muertos norteamericanos y 16 británicos, supone un porcentaje de bajas por fuego amigo bastante elevado. En total las bajas de la coalición sumaron 392 víctimas mortales y 776 heridos. Entre otros hechos que posibilitaron este número de afectados por fuego amigo, se encuentran: el ataque por error de un avión estadounidense A-10 a dos blindados de transporte británicos y el ataque de un carro de combate M1 Abrams norteamericano a un blindado de reconocimiento británico[3][1][4].

La Guerra del Golfo de 1991 dejó latente la necesidad de obtener un sistema que permitiera la distinción exacta de los objetivos amigos y enemigos. Por eso, y a pesar del tiempo transcurrido, aún se está trabajando en sistemas de identificación amigo-enemigo que posibiliten este objetivo y que, además, sean interoperables tanto entre fuerzas terrestres, como terrestres y aéreas (Sistemas IFF tierra-tierra y tierra-aire).

¹ Ver Anexo A. Entrevista con el Capitán Ignacio Navarro García-Gutiérrez.

² Empleaban tecnología Stealth. Gracias a sus diseños y materiales de fabricación transmitían una señal radar prácticamente inexistente difícilmente detectable por el enemigo.

2. Sistema IFF

2.1.Generalidades

El origen de los sistemas IFF actuales se encuentra en el campo de la aviación durante la Segunda Guerra Mundial. Tras toda la investigación realizada desde entonces en ese campo, actualmente, es en la aviación donde se ha alcanzado un gran desarrollo y empleo de este sistema.

En el ámbito civil el sistema IFF se conoce como radar secundario de vigilancia (SSR, Secondary Surveillance Radar), empleado para el control del tráfico aéreo, que permite el flujo seguro, ordenado y rápido del mismo. En términos de seguridad, su principal cometido es evitar la colisión de aeronaves y detectar y ayudar a aquellas que se observen operando en espacios no habilitados para ello.

En el ámbito militar, el sistema IFF se utiliza principalmente para el control del espacio aéreo, tanto para las operaciones de las fuerzas aéreas aliadas como para la detección de posibles intrusos en zonas de acción no permitidas. La principal diferencia entre los sistemas SSR y los IFF es la encriptación de las señales emitidas y recibidas. La eficacia de las operaciones militares requiere del encriptado de los mensajes intercambiados entre los elementos del sistema para evitar un posible engaño del enemigo.

Sin embargo, tanto los sistemas SSR civiles como los IFF militares son compatibles entre sí, permitiendo la navegación segura de una aeronave militar en el espacio aéreo civil.

Hoy en día, la forma más común de empleo del sistema IFF es tierra-aire, debido a la facilidad del intercambio de las señales en espacio abierto entre las grandes antenas de radar, en tierra, y las aeronaves. Además de que aún no se han desarrollado medios eficaces que permitan un sistema IFF tierra-tierra ideal para el control de los vehículos que participan, principalmente, en escenarios militares.

2.2.Funcionamiento

El funcionamiento básico de un sistema IFF consiste en un elemento interrogador que envía una señal a otro elemento transpondedor (dispositivo electrónico que puede enviar y recibir información simultáneamente) situado en el objetivo a identificar, el transpondedor tras recibir la señal emite una respuesta que contiene el código de identificación correcto en caso de ser un sujeto amigo (ver *Figura 1*). Por lo tanto, en un sistema IFF encontramos los siguientes elementos: interrogador, transpondedor y los distintos encriptadores, codificadores y decodificadores propios del modo empleado por el sistema.

➤ Elemento interrogador

Es el que emite la señal radioeléctrica codificada en forma de pulsos de radiofrecuencias modulados con la pregunta al objetivo a identificar. Puede realizar preguntas en todos los modos

de funcionamiento del sistema incluyendo la capacidad de interrogar entrelazándolos y procesar sus respectivas respuestas. Dispone de un codificador para cifrar la pregunta y un decodificador para la respuesta que estará cifrada en algunos modos (se discuten a continuación).

➤ Elemento transpondedor

Está situado en el objetivo a identificar. Proporciona la identificación solicitada por el interrogador de manera automática. Se trata de una antena omnidireccional que cubre toda la superficie del objetivo para poder responder a las señales de interrogación procedentes de cualquier dirección de la superficie terrestre.

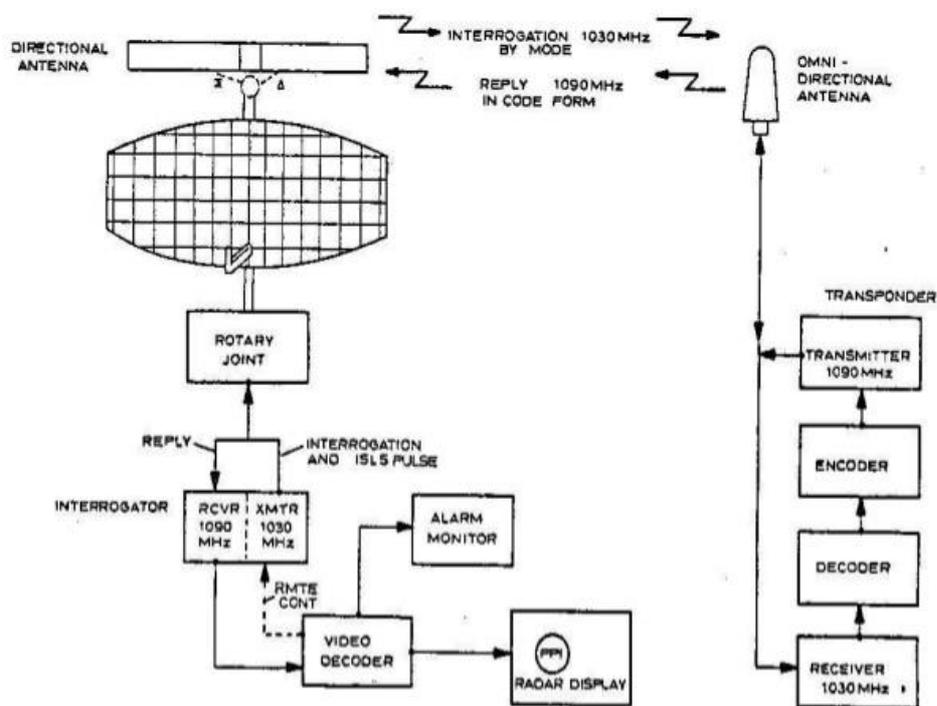


Figura 1: Esquema básico de funcionamiento de un sistema IFF con diagrama de bloques [Extraído de [5]]

Existen diversos modos en los que el sistema IFF puede trabajar y en función de los cuales los elementos de pregunta y respuesta trabajan de una manera o de otra. A continuación, se enumeran los seis modos que actualmente se encuentran en funcionamiento con su posterior descripción:

- Los modos 1, 2 y 3 que se diferencian en el tiempo de separación de los dos pulsos de código (3,5 y 8 microsegundos respectivamente),
- El modo 4 que incluye un cifrado con interrogaciones más complejas e información de la altitud.

- El modo civil S que añade la capacidad de realizar interrogaciones selectivas y en múltiples formatos para evitar la recepción de respuestas de todos los transpondedores dentro del alcance de la antena interrogadora,
- El modo 5 que incorpora una nueva forma de onda con mejores técnicas de criptografía, codificación y modulación mejorando la seguridad de sus predecesores.
- El nuevo modo 5 Reverse (RIFF) aún en proceso de implementación que permite a los transpondedores actuar tanto en modo respuesta como en modo interrogador. Este modo será objeto de un mayor análisis puesto que cobrará especial importancia en su empleo para la identificación de objetivos terrestres aliados.

Todos estos modos cuentan con la posibilidad de interoperar entre ellos, es decir, los modos más avanzados pueden trabajar con sus predecesores gracias a los protocolos de actuación utilizados en función del modo con el que trabaje. Así mismo, los modos militares que se describen en la *Tabla 1* pueden trabajar con los distintos modos civiles (A, C y S) para evitar posibles accidentes.

MODO	DESCRIPCIÓN
Modo 1	Es el modo más básico de todos, utilizado en el ámbito militar para indicar el tipo de misión que realiza cada aeronave en tiempo de paz. Emplea códigos de dos cifras que cambian periódicamente en situaciones de conflicto y su interrogación consiste en dos pulsos separados 3 microsegundos.
Modo 2	Modo militar que emplea un código de cuatro cifras no seleccionable que identifica cada aeronave de forma permanente. Es decir, cada aeronave tiene una numeración previamente asignada que permite conocer su país de origen, unidad de procedencia y tipo. Su interrogación consiste en dos pulsos separados 5 microsegundos.
Modo 3	Este modo incluye 4096 códigos de los que 288 están reservados para necesidades militares distintas al control del tráfico aéreo. Dentro del conjunto de códigos existen algunos establecidos internacionalmente para situaciones de emergencia determinados como puedan ser el fallo en las comunicaciones o el secuestro aéreo entre otros. Se trata de un modo militar que equivale al modo civil A y con el que interopera. La interrogación utiliza pulsos separados por 8 microsegundos.
Modo 4	Es el primer modo que permite la identificación positiva segura de una aeronave como amiga. Prioritario en operaciones militares. Puede trabajar con los modos anteriores. Funciona con una encriptación más avanzada que sus predecesores codificando la información tanto de la interrogación como de la respuesta.
Modo 5	Este modo militar equivale al modo S civil que incorpora la capacidad de seleccionar a quien se desea interrogar de entre un grupo de objetivos próximos. Añade un avanzado carácter de seguridad criptográfica con la posibilidad de establecer 16 millones de combinaciones para la identificación de una aeronave.

<p>Modo 5 Reverse</p>	<p>Incluye a las capacidades del modo 5, la posibilidad de realizar interrogaciones mediante el transpondedor. Una gran novedad puesto que anteriormente sólo respondían a interrogaciones de otras aeronaves o desde tierra. Esto significa que añaden la posibilidad de interrogar a objetivos en tierra, como vehículos, eliminando el riesgo de alcanzar a fuerzas terrestres aliadas con su armamento.</p>
------------------------------	---

Tabla 1: Descripción de los modos IFF utilizados en la aviación

2.2.1. Modo 5 Reverse

El modo 5 Reverse, conocido como RIFF (de sus siglas en inglés, Reverse Identification Friend or Foe), utiliza una tecnología que incorpora al transpondedor de los aviones la capacidad de poder emitir señales de interrogación. De esta forma, el piloto de la aeronave puede conocer a ciencia cierta la posición de las unidades aliadas en tierra.

Aunque ya ha sido probado eficazmente por países como Italia en su Eurofighter Typhoon (caza de la fuerza aérea)[6], aún quedan algunos años para verlo plenamente operativo. Esto es debido a diferentes complicaciones en términos de coordinación dentro de la OTAN, puesto que, por no mostrar la información sobre el funcionamiento y los detalles del mismo a tiempo, el sistema RIFF no podrá ser presentado en el ejercicio Bold Quest 17, celebrado a finales de octubre de 2017 en Estados Unidos, y por tanto, las naciones interesadas en probar sus equipos RIFF deberán esperar al ejercicio del próximo año.

Sin duda, este nuevo modo IFF presenta grandes mejoras que facilitaran en enorme medida la cooperación y coordinación de las unidades dentro de operaciones conjuntas gracias a la capacidad de interrogación aire-tierra.

3. Modelos IFF terrestres actuales

Como ya se ha comentado, la existencia de un sistema IFF tierra-tierra eficaz está aún en fase de desarrollo. Pero, en sustitución de éste, se están utilizando y mejorando métodos alternativos para facilitar la identificación de los objetivos aliados. Se distinguen dos modelos IFF alternativos atendiendo a su funcionamiento: identificación visual y geolocalización.

3.1. Identificación Visual

Este modelo busca la identificación amiga de manera sencilla mediante la colocación de diversos elementos que posibilitan la distinción del vehículo. Existen numerosas formas de alcanzar este objetivo actualmente con este método. A continuación, se explican algunas de ellas consideradas más prácticas.

- Balizamiento visual en el espectro infrarrojo (IR)³

³ Ver Anexo A: Entrevista al Sargento Primero Víctor Manuel López-Brea Almendros

Este sistema consiste en un grupo de balizas colocadas de diversas maneras sobre el blindaje del carro. Estas balizas cuentan con imanes para poder distribuirlas sobre la carrocería del vehículo y con la capacidad de emitir radiación IR o dejar de emitirla si fuera necesario. Cada baliza dispone de un software que permite modificar el tiempo entre las emisiones de manera que se puede establecer un código morse propio para cada carro en función de los aspectos a identificar (entidad, encuadramiento, etc.). Además, su única fuente de alimentación se basa en baterías portátiles triple A.

El hecho de emplear luces IR (se encuentran en el infrarrojo cercano; longitudes de onda entre 0,75-2 micrómetros) está enfocado a evitar que el enemigo pueda detectar las posiciones aliadas, puesto que los elementos de adquisición de objetivos que actualmente emplean los carros de combate únicamente cuentan con cámaras térmicas (trabajan en el infrarrojo medio; longitudes de onda entre 3-50 micrómetros) y carecen de elementos de visión que posibiliten localizar las balizas. Para el empleo de este método es necesario equipar a la tripulación (valdría con el jefe de carro únicamente) con medios de visión específicos para visualizar las luces emitidas. Este sistema permite una manera muy versátil, práctica y configurable para la identificación de objetivos amigos en diferentes escenarios que tiene el añadido de facilitar la acción conjunta con las fuerzas aéreas.

➤ Placas CIP (Combat Identification Panel)⁴

Utilizadas principalmente por Estados Unidos, se trata de unos paneles especiales que no portan ninguna firma térmica debido a los materiales empleados para su fabricación. Su funcionamiento se basa simplemente en la colocación de estas placas en el blindaje del vehículo formando un dibujo sencillo acordado previamente y que simboliza la identidad del mismo. De esta forma, al entrar el vehículo en el campo de visión del sistema de adquisición de objetivos, la firma térmica del vehículo se ve modificada por los paneles observándose el dibujo dispuesto. En la *Figura 2* y *Figura 3* pueden observarse las placas descritas anteriormente y sus efectos visuales percibidos por los medios de adquisición de objetivos.

⁴ Ver Anexo A: Entrevista al Capitán Ignacio Navarro García-Gutiérrez

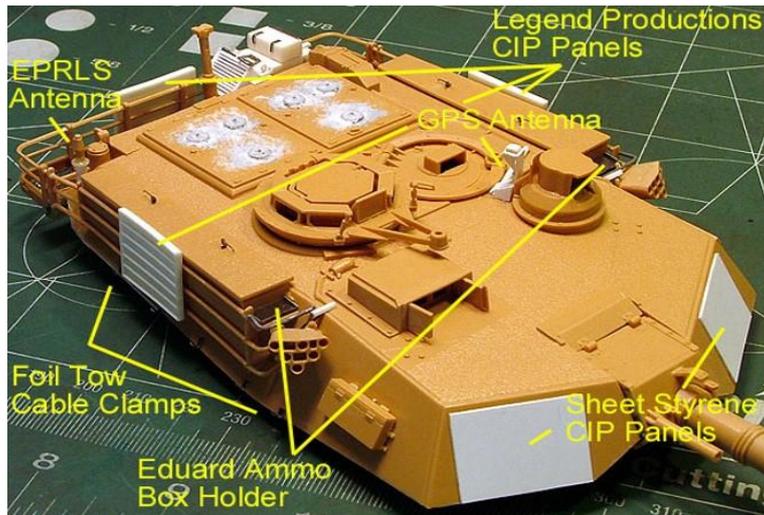


Figura 2: Maqueta de torre del carro M1 Abrams con placas CIP. [Aporte del Capitán Ignacio Navarro]



Figura 3: Visión de las placas CIP (Negro) a través de una cámara térmica [Aporte del Capitán Ignacio Navarro]

➤ Pinturas especiales⁵

Estas pinturas desarrolladas por la empresa US. LUMITEX INC., permiten colocar símbolos identificativos sobre cada vehículo de una manera rápida y expedita muy práctica si se requiere de rapidez para la ejecución de una misión de manera coordinada. La pintura es invisible a simple vista y se requiere de medios de visión nocturna para poder apreciarla lo que evita la detección enemiga si se sitúa en posiciones estratégicas del vehículo. Para ello, incluye unos paneles específicos sobre los que pintar para poder retirarlos en caso de necesidad (ver Figura 4).

⁵ Ver Anexo A: Entrevista al Capitán Ignacio Navarro García-Gutiérrez

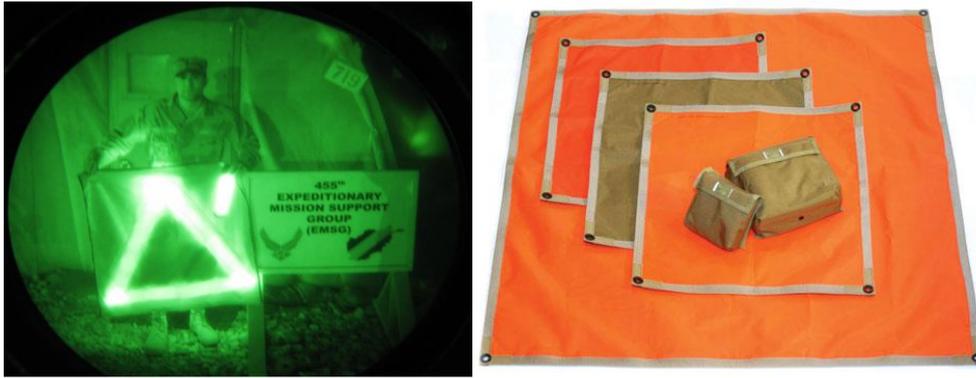


Figura 4: Pintura luminiscente sobre painel / Paineles preparados para la pintura [Aporte del Capitán Ignacio Navarro]

3.2. Geolocalización

En este aspecto los sistemas disponibles no son tan abundantes. Hay algunas empresas trabajando en sistemas más sofisticados que los que existen, como es el caso de IS.Rafael; diseñando un sistema de balizas portátiles que transmiten la posición del vehículo aliado constantemente de manera automática. Esto es algo que otros sistemas ya realizan mediante GPS y que se conocen como BMS (Battlefield Management System). El carro de combate español Leopard 2E cuenta con el BMS-Lince descrito más adelante. El funcionamiento básico consiste en un GPS que emite su posición mediante una radio con transmisión de datos y a su vez, recibe las posiciones de los demás vehículos que aparecerán en la pantalla de mando y control dispuesta para el jefe del vehículo. Este sistema, una vez más, sólo nos indica la posición de las fuerzas aliadas por lo que todo objetivo que no se contemple en la pantalla de control será considerado enemigo o desconocido.

Este sistema, que parece ser muy útil, no es suficiente como sistema IFF porque no contempla una coordinación precisa con las fuerzas aéreas aliadas. Es decir, la capacidad de intercambio de información es bastante efímera y poco precisa si tenemos en cuenta la velocidad de movimiento de la aviación. A parte de que la aviación no cuenta con este sistema para tal efecto por los motivos ya citados. Por eso, la búsqueda de un sistema que tenga en cuenta las vicisitudes de las fuerzas aéreas es fundamental dado que gran parte de las bajas aliadas que se han provocado a lo largo de la historia han sido provocadas por éstas.

4. Sistemas del carro de combate Leopard 2E

El carro de combate Leopard 2E cuenta con distintos sistemas que se complementan para lograr el funcionamiento preciso de todos los elementos que lo componen. Algunos de estos sistemas que podrían verse implicados a la hora de implementar el sistema IFF son: sistema de mando y control, sistema de adquisición de objetivos y sistema de comunicaciones.

4.1. Sistema de mando y control

Este sistema, como su nombre indica, se encarga de mantener una información táctica actualizada sobre las unidades para asegurar su dirección y coordinación por parte del jefe de unidad. Está formado por el BMS-Lince que funciona a través de GPS. El BMS es un software que permite posicionar sobre un mapa todas las unidades en acción, así como los elementos de coordinación necesarios para la ejecución de la misión. A su vez, el sistema permite visualizar en la pantalla⁶ del carro toda la información táctica y logística nueva detectada e introducida por las unidades en el campo (siguiendo los procedimientos de actuación), de manera que, si un vehículo observa algún enemigo o cualquier otro tipo de amenaza o inconveniente, el jefe del vehículo introduce los nuevos datos y se actualizan en todos los vehículos vinculados al sistema. Así mismo, el sistema refleja en pantalla constantemente la posición de las fuerzas amigas vía GPS. Cada vehículo cuenta con el BMS-Lince y el jefe del carro (JC) de combate es el único responsable de su utilización (ver *Figura 5 y 6*). Toda esta información llega a los vehículos en tiempo real gracias a la transmisión de datos facilitada por el sistema de comunicaciones[7][8].



Figura 5: Puesto del Jefe de Carro con BMS-Lince encendido

⁶ Se trata de un ordenador con pantalla táctil que emplea un sistema operativo de Windows.



Figura 6: Interfaz del BMS-Lince sobre terreno táctico

4.2. Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones se basa en la utilización de la radio PR4G⁷ para la transmisión tanto de voz como de datos. Normalmente, cada vehículo se ocupa con tres radios, dos radios V2 y una V3.

Las radios V2 se emplean para la transmisión de voz: una para la malla directora y otra para la malla subordinada. Ambas se conectan al Sistema interfónico ROVIS⁸ para permitir al JC. hablar con su tripulación o con el resto de vehículos mediante el selector de canal acoplado al casco.

La radio PR4G V3, por el contrario, se utiliza para la transmisión de datos. Esta diferenciación permite una transmisión fluida de ambos aspectos dado que de no ser así las transmisiones se verían ralentizadas por el poco ancho de banda del que disponen y la necesidad de transmitir tanto los datos como la voz a través de la misma radio⁹[9].

Gracias a este sistema toda la información generada por el BMS-Lince es transmitida, al resto de la malla con la que entrelazan los vehículos, en forma de datos mediante la PR4G V3.

4.3. Sistema de adquisición de objetivos

Los sistemas de adquisición de objetivos, junto con los sistemas de armas son los que marcan la capacidad de reacción ante el enemigo. Detectar, localizar y transmitir desde el momento más temprano posible su presencia e intenciones a los órganos de mando, dirección y fuego es esencial para garantizar el éxito de la misión. Por lo que, esta acción junto con la

⁷ Ver Anexo B: Generalidades de la PR4G

⁸ Ver anexo C: Generalidades del Sistema ROVIS

⁹ Ver Anexo A: Entrevista al Sargento Primero Manuel Criado Medina

identificación, han de realizarse con la precisión suficiente como para poder batir con eficacia al enemigo acorazado[10].

Los sistemas de adquisición pueden clasificarse en dos grandes grupos: pasivos, que buscan las emisiones que pueda producir el objetivo; y activos, que iluminan (Intentan localizar e identificar al objetivo mediante la detección láser u otros medios. Comprometen la acción y pueden revelar la presencia al enemigo.) al objetivo con una emisión propia y, por tanto, detectable por el enemigo.

En el Leopard 2E existen diversos medios para la localización y adquisición de objetivos. Por un lado, en el grupo de los sistemas pasivos se encuentran el periscopio EMES y el periscopio panorámico PERI y, por otro lado, en el grupo de los activos está el láser[11].

4.3.1. Periscopio EMES -Cámara térmica

Se trata de un sistema termográfico que detecta las diferencias de temperatura entre el objetivo y su entorno. Esas diferencias son recogidas con imágenes en un monitor. La cámara térmica no proporciona imágenes reales del terreno, sólo distingue el objetivo de lo que le rodea mediante lo que se conoce como firma térmica. La firma térmica varía para cada tipo de objetivo y situación en función de su temperatura, capacidad de emisión y tamaño. Es posible ver a través del enmascaramiento del objetivo si no emplea materiales especiales para modificar su firma. Es sumamente importante la instrucción de la tripulación para la identificación fiable del tipo de vehículo o enemigo que se observa teniendo en cuenta que existen señuelos térmicos que facilitan las acciones de decepción.

En el caso del carro de combate Leopard 2E, la cámara térmica puede utilizarse en varios modos dependiendo de la situación: polaridad blanco o negro y campo ancho o estrecho. Estos modos se emplean combinándolos entre polaridad y campo. Normalmente el campo ancho o estrecho varía en función del sector de vigilancia que se quiere cubrir; de manera que, si el vehículo está en proceso de búsqueda de objetivos utilizará el campo ancho y si el vehículo ha detectado algún objetivo empleará el campo estrecho para focalizar y obtener datos de tiro. Con respecto a la polaridad, el empleo del blanco o negro (polaridad blanca se observan fuentes de calor en blanco y polaridad negra se observan fuentes de calor en negro) varía en función de las preferencias del observador en cada situación. En las siguientes imágenes (ver *Figura 7* y *8*) se puede observar la imagen de la Cámara térmica del tirador y el Visor térmico del JC con las respectivas polaridades.



Figura 7: Cámara térmica EMES Polaridad Blanco / Negro



Figura 8: Visor térmico del JC Polaridad Blanco / Negro

Tanto el tirador como el JC disponen de cámara térmica. En el jefe, la cámara está adaptada al periscopio panorámico PERI y, se denomina visor térmico, visualizándose mediante una pantalla mientras que en el tirador se utilizan visores oculares (ver *Figura 9*).



Figura 9: Visores oculares de la Cámara Térmica del T / Pantalla del Visor Térmico del JC asociado al PERI

4.3.2. Periscopio panorámico de puntería estabilizada PERI-R17 A2

Consiste en un sistema óptico y optrónico que permite al JC observar y discriminar blancos y sustituir al tirador, si fuese necesario, en la realización de la puntería facilitado por la visión autoestabilizada diurna (visualizada en el visor ocular) y térmica. La cámara térmica está parcialmente integrada en el PERI mostrando la imagen en la pantalla del jefe. Este sistema se encuentra detrás de la escotilla del JC y se puede mover 360° independientemente de la posición de la torre (ver *Figura 10*).

Su principal función es observar, designar e identificar objetivos de manera que el JC se reparte el sector de vigilancia del vehículo con el tirador para facilitar la función de observación. En caso de que el JC detectara presencia enemiga en primer lugar, tiene la posibilidad de activar el modo de designación de objetivo. Esto provocaría el movimiento automático de la torre en la dirección de visión del PERI permitiendo al tirador realizar fuego directo sobre el objetivo detectado mientras el JC continúa con su labor de observación en el resto del sector.



Figura 10: PERI R17-A2 sin blindaje de protección

4.3.3. Telémetro Láser

El rayo láser consiste en un haz de luz estrecho, altamente monocromático, que mantiene su energía concentrada en poco espacio llegando a gran distancia. Como es un medio activo (explicado previamente), es detectable. Puede ser empleado como telémetro, elemento de puntería o designador e iluminador de blancos. Dentro del carro actúa como elemento de puntería y telémetro para fijar el objetivo y determinar la distancia a la que se sitúa para efectuar el tiro[10].

El láser se equipa dentro del EMES junto con el visor térmico del tirador e integrado en el bloque de visión y de conexión del mismo. Se compone de tres elementos: el emisor láser, el receptor láser y la electrónica del láser. Su funcionamiento se basa en el principio de impulso-

tiempo; es decir, se mide el tiempo que transcurre desde que se emite el impulso láser hasta que el eco de éste llega al receptor, con este dato, la electrónica calcula la distancia. Desde el mando del tirador se puede seleccionar si para la medida de la distancia se debe utilizar el último eco (impulso retornado) o el primero (utilizado para la telemetría sobre helicópteros)¹⁰[11].

En condiciones climatológicas adversas, véase presencia de niebla o lluvia intensa, es muy probable que falle el cálculo de la distancia mediante el láser puesto que los efectos de refracción, difusión y absorción de la luz provocan falsos ecos originando un error en los datos balísticos para la ejecución del disparo. Es por esto que, la principal defensa del carro de combate, ante un elemento de adquisición activa como el láser, se basa en el lanzamiento de artificios fumígenos.

5. Posibles sistemas IFF a introducir en el carro de combate

En este apartado se presentan y analizan dos sistemas IFF que tienen elevadas probabilidades de implementarse en los carros de combate actuales: Battlefield Target Identification Device (BTID)[12] y Radio-Based Combat Identification (RBCI). El primero se trata de un proyecto de nivel nacional en el que el Ministerio de Defensa e Indra han trabajado conjuntamente y que ha obtenido resultados muy prometedores. El segundo consiste más bien en una idea que aún está tomando forma y que busca satisfacer los deseos de la OTAN con respecto a la interoperabilidad del sistema con otros países que no están conformes con el sistema anterior.

5.1. Battlefield Target Identification Device (BTID)

Este Sistema IFF es el resultado de la colaboración entre el Ministerio de Defensa e Indra en el Programa AMIGOS. Un programa que busca proporcionar a todo vehículo (no solo los carros de combate) la capacidad de identificar cualquier objetivo.

Las ventajas que proporciona son numerosas:

- Reduce las probabilidades de fuego amigo mediante la identificación del objetivo, en menos de 1 segundo, con un porcentaje de éxito de más del 99% en cualquier situación climatológica.
- Dispone de gran seguridad ante situaciones de interceptación de la señal o intentos de decepción mediante guerra electrónica.
- Aumenta la eficacia en combate de la unidad mediante la mejora de la confianza, seguridad y efectividad del personal al disponer de Blue-Force Tracking (BFT) lo que mejora el entendimiento de la situación (Situational Awareness, SA.) de las unidades aliadas en todo momento.
- Cumple con los requisitos de interoperabilidad con las demás fuerzas de la coalición recogidos en el STANAG-4579 (Standard Agreement).

¹⁰ Ver Anexo D: Importancia de la selección de ecos del telémetro láser

El funcionamiento del BTID se basa en el principio interrogador-transpondedor empleado por la aviación. Sin embargo, este sistema trabaja con señales radioeléctricas en banda Ka (longitudes de onda milimétricas correspondiente a una banda de frecuencias entre los 26,5 – 40GHz; mismo rango que utilizan los radares de carretera en España) que pueden ser moduladas para ajustar la precisión de la señal emitida a la distancia y el objetivo a identificar para situaciones de gran proximidad entre objetivos desconocidos. El proceso de identificación es el mismo que el explicado anteriormente en la aviación¹¹ pero en este caso es repetido hasta 8 veces en menos de un segundo para asegurar la identificación correcta del objetivo. Además, emplea diversas técnicas de modulación y codificación que garantizan su resistencia a la detección, interferencia y explotación del enemigo. Presenta dos modos de identificación: identificación corta e identificación larga.

➤ Identificación corta (Short ID Mode)

En este modo prima la identificación rápida del objetivo por lo que la cantidad de información obtenida es mínima. El resultado de este proceso sería FRIEND (Amigo) (con la distancia a la que se encuentra) o UNKNOWN (Desconocido). El sistema se ha desarrollado para la respuesta de Desconocido en caso de no ser Amigo puesto que, el conflicto armado actual suele responder a un escenario asimétrico en el que el enemigo puede confundirse fácilmente con la población. De esta manera, la decisión final recae sobre el jefe del vehículo apoyado por la instrucción de la tripulación para discernir entre si es un civil o el enemigo propiamente.

➤ Identificación larga (Full ID Mode)

El resultado del proceso de identificación de este modo contiene algo más de información para asegurar la situación de las unidades en el campo de batalla. Si el resultado es FRIEND, además de la distancia añade el código de identificación, el país, etc. El código de identificación, previamente asignado, se trata de una serie de números que determinan el encuadramiento del vehículo objetivo dentro de la unidad aliada. Nos permite saber a qué pelotón, sección, compañía, ..., unidad de la coalición pertenece el objetivo. De no ser Amigo el resultado será UNKNOWN.

El BTID mantiene toda la información sobre la identificación y la posición GPS actualizada y puede estar integrado en el sistema BMS del vehículo. Con respecto al Datalink (Enlace de datos) puede utilizar dos modos: DEM (Data Exchange Mode) y DDL (Digital Datalink).

➤ DEM

Este modo es el que se emplea para realizar la interrogación del objetivo por lo que se utiliza una señal directa de largo alcance. El enlace se produce entre el interrogador y el

¹¹ 1º Envío de la pregunta por el interrogador. 2º Decodificación de la pregunta por el receptor. 3º Envío de la respuesta, 4º Decodificación y extracción de la respuesta por el interrogador.

transpondedor (INT-TXP). El transpondedor intercambia la información solicitada por el interrogador.

➤ DDL

En este caso su función consiste en mantener la red de información, entre las unidades propias, actualizada para conseguir un SA (del inglés Situational Awareness) a tiempo real. Para ello, el enlace se establece entre los transpondedores de los diferentes vehículos (TXP-TXP) utilizando una señal omnidireccional de corto alcance para disminuir las posibilidades de ser detectado. A su vez, el transpondedor del vehículo puede actuar como relé para extender el campo de actuación a otros vehículos aliados. Se puede elegir entre el modo Platoon (para transmitir la información dentro de la sección a la que pertenece el vehículo) o el modo Universal (para transmitir los datos a otras unidades próximas que los requieran).

En la siguiente imagen (ver *Figura 11*) se puede observar la red de datos creada dentro de las unidades aliadas en función de los distintos modos de funcionamiento del BTID.

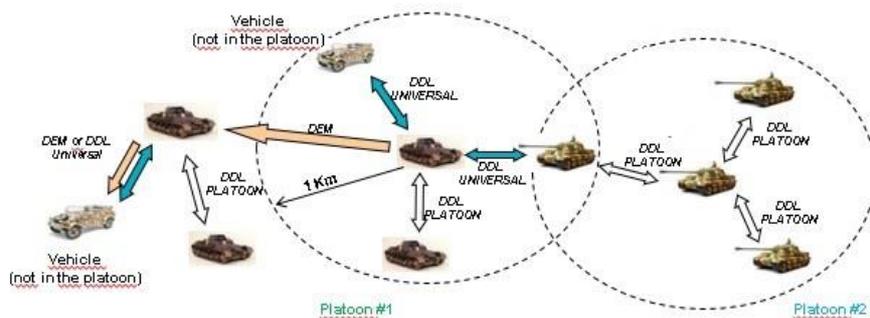


Figura 11: Red de enlace de datos con los modos DEM/DDL y Platoon/Universal [Extraído de [12]]

El sistema sigue una configuración modular (ver *Figura 12*) para facilitar su instalación en los diversos vehículos. Se compone del interrogador, el transpondedor y el ordenador encargado de manejar los protocolos de información y del cifrado y encriptado de la misma. En su modo DEM tiene un alcance de más de 6 kilómetros y hasta esta misma distancia es capaz de distinguir entre los distintos objetivos de un grupo cuya separación sea por lo menos de 25 metros. Esto es posible gracias a un factor de corrección que evita el error de interrogación por ecos entre objetivos cercanos y que se modifica en función de la distancia. Es capaz de procesar un total de seis acciones simultáneas: tres interrogaciones y tres respuestas. Dispone de una interfaz estándar que permite su implementación con los sistemas del vehículo mediante Can-BUS¹² y Ethernet.

¹² Es un protocolo de comunicaciones para la transmisión de mensajes entre distintos subsistemas conectados en serie de manera que evita una gran red de cableado mediante el uso de un solo cable como canal de información. Es empleado habitualmente en la electrónica de los automóviles.



Figura 12: Componentes del BTID [Extraído de [12]]

Es importante destacar que el BTID cuenta con dos configuraciones dependiendo del tipo de vehículo: una que incluye el interrogador y transpondedor, CIT (Combined Interrogator/Transponder) y otra que únicamente dispone del transpondedor, TXP.

La configuración CIT está pensada para vehículos que tienen capacidad de realizar fuego de manera que pueden realizar funciones de interrogación o respuesta dependiendo de la situación y los objetivos que visualicen. Esta configuración se puede integrar con el BMS y el telémetro láser.

La configuración TXP se utiliza en vehículos sin la capacidad de realizar fuego ya sean ambulancias, transporte o apoyo logístico. Existe la posibilidad de facilitar esta configuración a otros actores existentes en los escenarios militares actuales como puedan ser organizaciones no gubernamentales, instituciones humanitarias, etc. Únicamente habría que modificar el código de identificación de éstos.

La siguiente imagen (ver Figura 13) muestra la estructura de funcionamiento que siguen las dos configuraciones descritas.

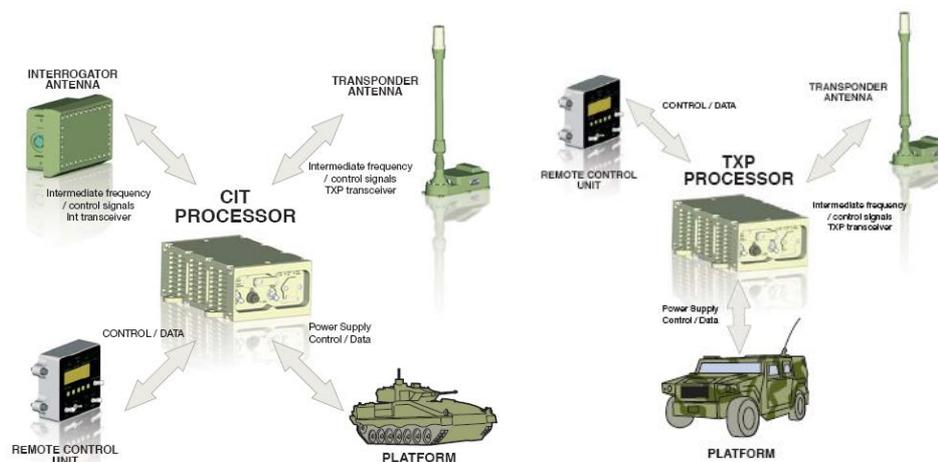


Figura 13: Configuraciones del sistema BTID - CIT / TXP [Extraído de [12]]

5.2. Radio-Based Combat Identification (RBCI)

Se trata de una tecnología emergente basada en equipos de radio definidos por software (SDR). Estos equipos se constituyen por software, al contrario que los tradicionales equipos de radiocomunicaciones creados a partir de numerosos componentes electrónicos ya sean circuitos sintonizadores, detectores o amplificadores; lo que se conoce como hardware. Definido por software significa que la gran mayoría de las funciones del equipo de radio se incluyen a través del software implementado en un ordenador, es decir, está definida por programas. Son necesarios un mínimo de componentes físicos externos al ordenador que no pueden ser definidos de otra manera. Si el conjunto de programas definidos no es activado, la radio no se trata más que de un conjunto de elementos electrónicos sin utilidad alguna. El software que se hace funcionar en el ordenador es el que define el equipo de radio empleado, sus funcionalidades, prestaciones, etc. De manera que, modificando o sustituyendo los programas que definen al equipo de radio, se modifican esas funcionalidades o prestaciones permitiendo así añadir nuevos modos o mejorar sus capacidades[13].

El objetivo de este tipo de radios en el ámbito de la identificación IFF es el de crear equipos de radiofrecuencia con la capacidad de emitir una huella en una determinada frecuencia. De manera que, toda radio configurada acorde a esa huella responde automáticamente a esa señal devolviendo una respuesta con la localización de la radio receptora y apareciendo, en la pantalla de mando y control de la emisora, como un punto en el mapa[14]. Un ejemplo similar sería el proceso de autenticación que utiliza la radio PR4G (emite una señal de solicitud de código en una frecuencia y todas las demás radios que sintonizan esa frecuencia reciben en pantalla esa solicitud que finalmente es atendida por el operador que envía el código de respuesta.) pero con un protocolo de datos más complejo y de manera automática; enviando la posición en vez de un código.

La dificultad de este sistema radica en encontrar el espectro de radiofrecuencias idóneo para su empleo sin interferir con otros sistemas ya utilizados. Es algo que tiene gran complejidad al comprometer las comunicaciones y que aún debe decidirse en términos de la OTAN para asegurar la interoperabilidad entre las distintas naciones. Sin embargo, el RBCI tiene un gran apoyo por parte de los principales integrantes de la OTAN, aunque aún queda mucho en su desarrollo hasta poder introducirlo operativamente. Para poder visualizar las ventajas e inconvenientes que aporta esta tecnología actualmente, se procede a realizar un análisis DAFO de este sistema y sus posibilidades:

DEBILIDADES	AMENAZAS
--------------------	-----------------

<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para operar en el actual espectro de frecuencias de radio • Necesidad de conocimientos de configuración de equipos SDR de los operadores • Se requiere la adaptación de la TDMA¹³ de la radio para poder contestar las solicitudes RBCI dentro de un rango de tiempo efectivo. • Necesidad de encontrar una forma de onda apta para el empleo del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de incluir nuevos equipos SDR entre los sistemas ya existentes • Cambio de mentalidad y procedimientos • Existencia de sistemas alternativos altamente válidos (por ejemplo, BTID) de menor complejidad. • Escasa interoperabilidad por el momento
<ul style="list-style-type: none"> • Gran precisión en la localización • Capacidad para coordinarse con otros sistemas de comunicaciones gracias a la flexibilidad de los equipos SDR. • Capacidad para comunicarse con los sistemas aéreos de manera eficaz sin necesidad de emplear otros medios 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran rango de mejora con futuras actualizaciones • Altas probabilidades de adquisición por parte de las naciones de la OTAN dada su fácil adaptación a los distintos carros de combate empleados. • Diversidad en los dispositivos aptos para el empleo de este sistema.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES

Tabla 2: Análisis DAFO del sistema RBCI

6. Implementación del BTID

En este apartado se procede al estudio y análisis de la disposición de los distintos elementos que componen el BTID. Solamente se analiza el sistema BTID en este aspecto puesto que la tecnología del RBCI aún tiene un amplio rango de mejora y desarrollo hasta su posible introducción.

Los principales requisitos a tener en cuenta en la implementación de los componentes del sistema BTID son:

- No comprometer las características operativas del Leopardo 2E. Manteniendo o mejorando su capacidad para cumplir con las funciones de combate que le corresponden.
- Asegurar el confort de la tripulación y con ello su capacidad para realizar las acciones propias de su puesto dentro del vehículo.
- No interferir en los actuales sistemas que conforman el carro de combate español.

¹³ “Time Division Multiple Action” (TDMA): Tecnología inalámbrica que permite el uso de un canal por parte de varios usuarios a la vez.

- Contribuir a la interoperabilidad de los distintos sistemas que conforman el carro de combate. Concretamente, adquisición de objetivos, comunicaciones y mando y control.

6.1. Implementación física

Con respecto a la implementación física del sistema IFF es importante buscar la mejor situación operativa de los distintos elementos que constituyen el BTID, en el carro de combate, ya explicados anteriormente. Es fundamental encontrar la colocación idónea tanto del transpondedor y el interrogador como del procesador y la unidad de control de manera que, se asegure el correcto funcionamiento de los demás sistemas que componen el carro de combate y la capacidad operativa de la tripulación con los mismos. Para ello se analiza su colocación de manera individual.

6.1.1. Colocación del elemento transpondedor

Dada la funcionalidad de este elemento y sus distintas formas de interactuar con el enlace de datos (DDL, señal omnidireccional), así como su diseño, su situación más lógica será en la torre del carro de combate. Es importante destacar que la capacidad de giro de la torre es de 360° por lo que, la antena del transpondedor TXP-3620 deberá estar situada sobre la misma y no sobre la barcaza dado que provocaría una avería al establecer determinado sector de tiro o vigilancia.

Tras tener en cuenta estos aspectos, la colocación del TXP será centrado en la torre, a la altura del punto medio entre las dos antenas radio y cerca de la parte posterior del PERI. La conexión de la antena con el procesador situado dentro de la cámara de personal se realizará mediante cableado pudiéndose utilizar el acceso del cableado del PERI. La situación del TXP queda reflejado en la siguiente imagen (ver *Figura 14*).

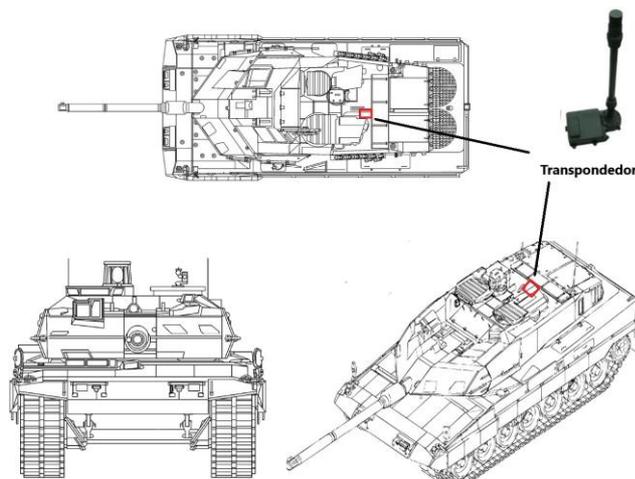


Figura 14: Colocación del Transpondedor BTID. Imagen elaborada a partir del manual MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón

6.1.2. Colocación del elemento interrogador

Con respecto al elemento interrogador será necesario colocarlo en una posición que permita apuntar la antena hacia el mismo objetivo que se enfrente al tirador para asegurar la precisión del sistema en la selección de dicho objetivo. Puesto que se trata de una señal radioeléctrica direccional, necesitará situarse lo más próximo posible a los elementos de puntería y adquisición de objetivos del tirador.

Dadas las dimensiones de la antena interrogadora y su función, la colocación idónea será entre el periscopio EMES y el designador láser (ver *Figura 15*). Respetando el rango de movimiento del cañón en elevación tal y como se aprecia en la imagen posterior. El cableado para conectar el interrogador al procesador se conducirá junto con el del periscopio EMES.

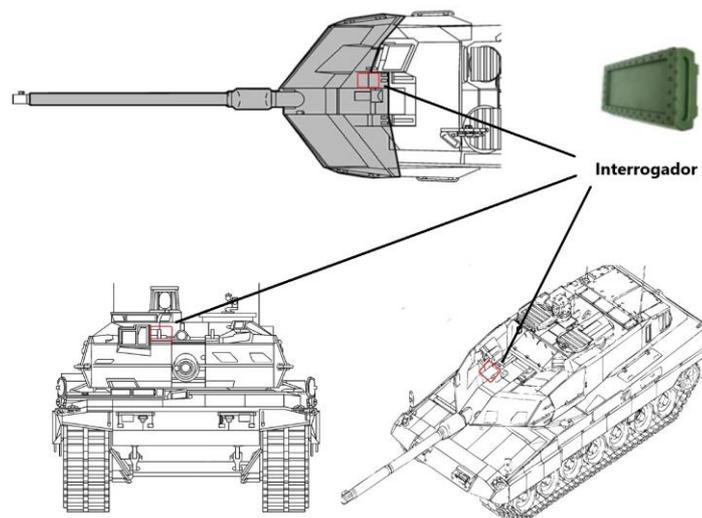


Figura 15: Colocación del Interrogador BTID. Imagen elaborada a partir del manual MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón

6.1.3. Colocación del procesador y la unidad de control

El procesador es el que maneja toda la información que transmiten los demás elementos que componen el sistema por lo que, su lugar más propicio se encuentra dentro de la cámara del personal, junto a la radio de datos V3 situada en el puesto del cargador (ver *Figura 16*). Esta posición, a su vez, facilita la cooperación entre el BTID y los demás sistemas del carro como el BMS-Lince. Por lo que, únicamente habrá que conectar el procesador del BTID a la radio V3 o, si es necesario una mayor velocidad de intercambio de información, se pueden conectar directamente el BTID y el BMS-Lince entre sí.

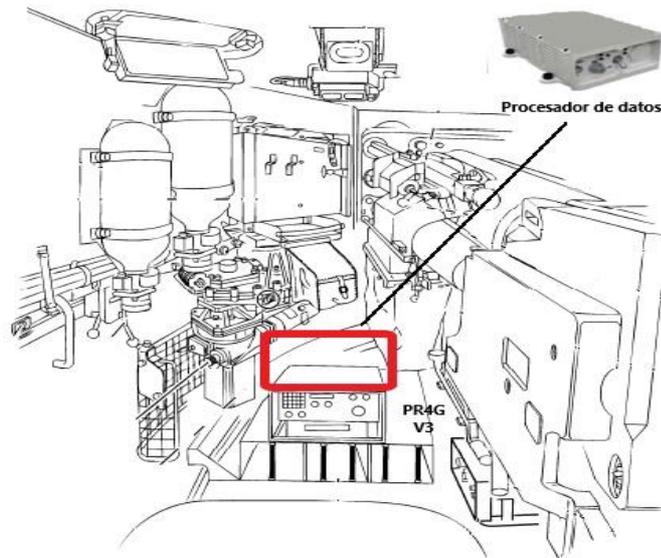


Figura 16: Colocación del Procesador de datos BTID. Imagen elaborada a partir del manual MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón

En cuanto a la unidad de control deberá situarse en el puesto de JC ya que él es quien debe tomar las decisiones finales con respecto a las acciones que acomete el carro de combate en cada momento y situación. Y, por tanto, debe disponer de la capacidad de control sobre el sistema BTID para operar en los distintos modos y, sobre todo, para poder dar la orden de fuego en caso necesario a la mayor brevedad.

Teniendo en cuenta estos aspectos, una posición que cumple con los requisitos de operatividad y confort de la tripulación es a la izquierda del JC, concretamente, en la rejilla que separa el puesto del mismo y el del cargador (ver *Figura 17*).



Figura 17: Colocación de la Unidad de control BTID (imagen del puesto de JC en simulador Leopard 2E)

6.2. Implementación del software

Para asegurar la interoperabilidad del sistema BTID con el medio de geolocalización BMS-Lince fuente principal del sistema de mando y control del vehículo tanto táctica como estratégicamente, es necesario establecer una forma en la que ambos complementen la información que finalmente aparecerá en la pantalla de mando del JC. La idea de esta implementación es conseguir la actualización de manera automática de toda la información generada por el procesador del sistema BTID dentro del propio BMS-Lince. Es decir, que todos los nuevos objetivos adquiridos e identificados por el carro aparezcan en pantalla ya sean visualizados por el propio vehículo o por los demás carros de la unidad. Esto añadiría gran utilidad al BMS y, sobre todo, fiabilidad. Puesto que, hoy por hoy, mientras las posiciones de los carros aliados aparecen en pantalla, la identificación enemiga debe hacerse mediante los conocimientos que tiene la tripulación para ese cometido y además es el propio JC el que designa en el mapa las coordenadas del enemigo que cree estar visualizando y con una fiabilidad dudosa en la precisión, además del tiempo invertido en introducir la amenaza en el sistema de mando y control.

El BMS-Lince trabaja a través de un ordenador que soporta el sistema operativo Windows. Por tanto, se propone incluir un programa o una actualización del programa BMS que permita la lectura e interpretación directa de los datos ofrecidos por el sistema BTID en esta plataforma.

7. Conclusiones y líneas futuras

7.1. Conclusiones

El principal objetivo de este trabajo ha sido encontrar un sistema IFF orientado a las unidades terrestres, más concretamente a los carros de combate actuales del ejército español Leopard 2E. Para ello, se ha procedido al estudio de las tecnologías que actualmente se barajan analizando en mayor medida la opción más viable de ser implementada en el carro de combate. La originalidad de este trabajo se fundamenta en la amplia recopilación y análisis de información sobre los distintos sistemas IFF desarrollados o aún en desarrollo y, en el estudio de la mejor manera de implementarlos en el carro de combate Leopard 2E. A continuación, se exponen una serie de conclusiones obtenidas tras la elaboración de este trabajo.

En primer lugar y como punto de partida, de los sistemas IFF analizados, el Battlefield Target Identification Device (BTID) se presenta como el más factible dada su fácil introducción dentro del carro de combate y dado el grado de madurez de esta tecnología con respecto a las demás. Su principal ventaja es la gran adaptabilidad que tiene al disponer de una configuración modular, además, de ser completamente interoperable con el sistema BMS-Lince.

En contraposición al BTID encontramos el Radio-Based Combat Identification (RBCI), tecnología con un gran apoyo por parte de diferentes naciones de la OTAN pero que aún carece de la madurez suficiente para ser empleada como sistema IFF. Promete ser de gran utilidad dada

su fácil coordinación en operaciones conjuntas puesto que únicamente requiere de la tenencia de equipos SDR por parte de los vehículos/aeronaves participantes.

Sin embargo, uno de los grandes problemas a día de hoy que requiere una solución urgente, es la necesidad de asegurar una participación altamente precisa en términos de mando y control por parte de las fuerzas aéreas en las operaciones conjuntas con las fuerzas terrestres. Por este motivo, se propone el empleo del BTID junto con las capacidades añadidas del Modo 5 Reverse (RIFF) para las aeronaves aliadas. Aunque el BTID ya cuenta con la posibilidad de compenetrar los sistemas de mando y control de ambas fuerzas mediante el intercambio de información entre unidades terrestres-red de inteligencia (C2) / red de inteligencia-unidades aéreas, incluir el Modo 5 Reverse posibilita una mayor rapidez y precisión en este tipo de operaciones al permitir el intercambio directo de esa información entre las propias unidades conjuntas; unidades terrestres-unidades aéreas.

Con todo esto, se concluye que por el momento se puede emplear el BTID como primera solución ante la constante necesidad de incrementar la eficacia y eficiencia de las misiones en teatro de operaciones y que, posteriormente, este sistema podrá verse mejorado con la incorporación de las tecnologías RIFF y RBCI, en orden de desarrollo.

7.2.Líneas futuras

En vista del trabajo realizado, lo lógico y más conveniente para la incorporación de las capacidades IFF en el carro de combate, es la introducción de las tres tecnologías mencionadas anteriormente en tres fases de implementación en función de los plazos necesarios para alcanzar su respectivo grado de madurez óptimo.

La primera fase sería la implementación del BTID que actualmente ya dispone de total operatividad y, por tanto, puede ser incorporado en el carro de combate.

La segunda fase, prevista para 2019/2020 consistiría en la incorporación del Modo 5 Reverse para mejorar las capacidades de coordinación entre las fuerzas conjuntas. Esta tecnología ya se presenta operativa pero aún se encuentra en fase de pruebas puesto que requiere de la completa interoperabilidad dentro la OTAN. Por ello, sólo podrá incluirse tras superar el visto bueno de la OTAN una vez presentada en el ejercicio Bold Quest 18 (2018).

La tercera y última fase, sería el empleo de los equipos SDR en sustitución del BTID dadas las mejoras que se barajan. Esta fase, sin embargo, no se daría hasta 2025 puesto que aún se encuentra en una etapa muy prematura de desarrollo.

Como puede observarse la espera estimada para el empleo de una tecnología completamente idónea (RBCI) es demasiado larga si tenemos en cuenta la urgencia de las capacidades IFF. Por tanto, es conveniente dotar de estas capacidades a las unidades que puedan utilizar los medios ya operativos mencionados (BTID) tal y como se plantea, siguiendo una línea de innovación continuista e incremental.

Teniendo en cuenta la importante falta de recursos en materia económica, es muy posible que los plazos estimados se alarguen aún más. Éste es otro motivo por el que apostar por la industria nacional (principal desarrollador del BTID) es la mejor opción.

Bibliografía

- [1] “1991: Tormenta del desierto. La madre de todas las batallas - Libertad Digital - Cultura,” 2016. [Online]. Available: <http://www.libertaddigital.com/cultura/historia/2016-02-18/1991-la-madre-de-todas-las-batallas-1276567815/>. [Accessed: 01-Oct-2017].
- [2] “Blindados en la Guerra del Golfo,” 2012. [Online]. Available: <http://historiaguerrasyarmas.blogspot.com.es/2012/07/blindados-en-la-guerra-del-golfo.html>. [Accessed: 01-Oct-2017].
- [3] “Fuego amigo en la Primera Guerra del Golfo - Curistoria - Curiosidades y anécdotas históricas #Curistoria.” [Online]. Available: <https://www.curistoria.com/2008/04/fuego-amigo-en-la-primera-guerra-del.html>. [Accessed: 01-Oct-2017].
- [4] “Grandes batallas: Guerra del Golfo Pérsico (1990-1991),” 2012. [Online]. Available: <http://gbotd.blogspot.com.es/2012/11/guerra-del-golfo-persico-1990-1991.html>. [Accessed: 01-Oct-2017].
- [5] “Sistema1 iff.” [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/MarcoAntonio359/sistema1-iff>. [Accessed: 06-Sep-2017].
- [6] “Finmeccanica dimostra la nuova capacità di identificazione a terra del sistema Mode 5 Reverse-IFF a bordo dei Typhoon italiani - DETTAGLIO - Leonardo - Aerospace, Defence and Security.” [Online]. Available: <http://www.leonardocompany.com/-/efa-iff-mode5>. [Accessed: 15-Oct-2017].
- [7] E. DIRECCIÓN Director *et al.*, “Leopardo 2E. Tecnología punta al servicio de las Unidades Acorazadas españolas El empleo de las Unidades Acorazadas en los nuevos escenarios.”
- [8] “BMS-Lince: el novedoso sistema de mando y control de los Leopardos y Pizarro en Letonia | Por Tierra, Mar y Aire.” [Online]. Available: <http://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/public/post/bms-lince-el-novedoso-sistema-de-mando-y-control-de-los-leopardo-y-pizarro-en-letonia-22188.asp/>. [Accessed: 11-Oct-2017].
- [9] M. Org, *Manual de Operación y Mantenimiento Orgánico de 1º y 2º Escalón de las configuraciones dotadas con el RT-9210 V3*. 2012.
- [10] M. D. E. A. Y. Doctrina, “GUERRA CONTRACARRO,” pp. 1–8, 1999.
- [11] C. De Combate, “MT6-049 Carro de Combate LEOPARDO 2 E Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1 er Escalón,” 2008.
- [12] “Programa AMIGOS - Battlefield Target Identification Device (BTID).” pp. 1–18, 2016.
- [13] “EMISORAS DE RADIO DEFINIDAS POR SOFTWARE-SDR-Software defined radio.” [Online]. Available: <http://www.ealuro.com/sdr.html>. [Accessed: 15-Oct-2017].
- [14] C. Kirke, *Fratricide in battle : (Un)friendly fire. .*

Anexos

Anexo A. Entrevista a personal de la unidad

En este anexo se presentan una serie de entrevistas a personal de la unidad en la que se ha desarrollado el presente trabajo, así como, personal del Ministerio de Defensa con información de gran utilidad en lo concerniente a proyectos que se están desarrollando actualmente y que pretenden incorporar nuevas tecnologías sobre sistemas IFF.

Nombre del entrevistado: Manuel Criado Medina

Empleo: Sargento Primero

Unidad destino: 2ºBón / RIAC 61

Fecha: 15/09/2017

Pregunta 1: Con sus conocimientos sobre las transmisiones del Batallón, ¿cree que se podría utilizar los medios de radioenlace actuales para establecer un sistema IFF basado en el de la aviación en términos de interrogador-transpondedor?

Respuesta 1: En un principio no se podría utilizar las radios que empleamos en el carro actualmente puesto que no pueden actuar como transpondedor al no transmitir y recibir simultáneamente. En cuanto a su uso como interrogador, la radio PR4G, que es la que utilizamos, tiene la capacidad de detectar una emisión radiofónica en su frecuencia y poder enviar una señal de alerta. Es decir, la radio puede enviar una petición de introducción de código a otra radio para verificar que es una radio amiga. Esta capacidad se trata de un proceso manual en el que el operario de la primera radio activa el comando de alerta y el operario de la segunda radio introduce el código.

Pregunta 2: Con respecto a la PR4G V2 y V3 que son las que utilizáis actualmente en el carro, ¿son capaces de trabajar con transmisión de datos y fonía simultáneamente?

Respuesta 2: Negativo. Pueden trabajar en ambos aspectos, pero no simultáneamente. Esto se debe a los anchos de banda que manejan limitando sus posibilidades. De hecho, la PR4G V3 se suele utilizar para la transmisión de datos por tener una mayor capacidad para el procesamiento que su hermana pequeña, la V2.

Pregunta 3: ¿Es posible la localización de una señal de radio con las radios actualmente en dotación?

Respuesta 3: Negativo. Únicamente puede detectar señales de radio emitidas en distintas frecuencias, pero no es capaz de posicionarlas en el terreno.

Pregunta 4: El Ejército de Tierra, hoy en día, también utiliza la radio Harris 5800 para otros ámbitos. ¿cree que supondría alguna ventaja incorporarla a los carros de combate con el objetivo de posibilitar un sistema IFF alternativo?

Respuesta 4: En mi opinión, yo creo que sí. La radio Harris 5800 incorpora GPS y 4G además de otros módulos abiertos a una introducción de nuevo software que incrementen sus capacidades operativas. Además, desconozco si puede emitir y recibir simultáneamente tanto datos como fonía, pero la nueva radio que pronto va a adquirir el Ejército de Tierra, Harris 7800, sí tiene esa capacidad. Sería un gran avance, sin duda.

Nombre del entrevistado: Ignacio Navarro García-Gutiérrez

Empleo: Capitán

Unidad destino: Antiguo miembro del RIAC 61

Fecha: 19/09/2017

Pregunta 1: En base a su basto conocimiento sobre el mundo de los carros, ¿cuál cree que fue el momento en el que surgió la necesidad de incluir un sistema IFF para las fuerzas terrestres?

Respuesta 1: La Guerra del Golfo de 1991. Ya habían existido problemas antes de esta fecha con la identificación de objetivos amigos o enemigos. Sin embargo, el reciente avance tecnológico permitió la aparición de una nueva serie de carros de combate que transformaron el antiguo campo de batalla en uno nuevo en el que las distancias efectivas de fuego se habían incrementado de manera considerable.

Pregunta 2: ¿Qué sucesos tuvieron lugar en esa guerra para cobrar tanta importancia la identificación correcta de objetivos?

Respuesta 2: Como ya he dicho, el alcance de las armas de fuego propias de los carros de combate aumentó considerablemente. Pero no sólo el fuego de los carros, también el de las fuerzas de apoyo aéreo basadas en helicópteros de ataque. Estamos hablando de tres y cinco kilómetros respectivamente. Este factor unido al uso de las cámaras térmicas y visores nocturnos para desarrollar el combate dio lugar a numerosos casos de confusión en los que se produjo fuego amigo. Apoyo aéreo que efectuó fuego sobre convoyes aliados o carros que dispararon a posiciones aliadas por la gran incertidumbre que tuvo lugar.

Pregunta 3: En el transcurso de estos años, ¿qué medidas IFF ha observado que se han tomado?

Respuesta 3: Varios países han trabajado en este aspecto. Por el momento, han aparecido sistemas no muy sofisticados que ayudan a la identificación visual del objetivo aliado. En el caso de Estados Unidos, han creado unas placas especiales que no tienen firma térmica conocidas como CIP (Combat Identification Panels) y permiten la identificación mediante su colocación formando

un dibujo sencillo que se puede observar fácilmente con los medios térmicos de adquisición de objetivos. Otro ejemplo, es la creación de pinturas especiales por parte de la empresa US. LUMITEX INC. visibles únicamente con los medios de observación de los carros que tienen una utilidad rápida para aplicarse poco antes de iniciar la misión. Luego hay algunas empresas trabajando en sistemas algo más sofisticados, como es el caso del sistema de balizas portátiles de IS. Rafael capaces de transmitir la posición del vehículo aliado en todo momento.

Nombre del entrevistado: Víctor Manuel López-Brea Almendros

Empleo: Sargento Primero

Unidad destino: 3ª Cía / RIAC 61

Fecha: 22/09/2017

Pregunta 1: Dada su implicación en el proyecto de búsqueda de mejoras para el carro de combate Leopard 2E que se está llevando a cabo, ¿podría hablarme sobre alguna mejora que hayan pensado en materia de sistemas IFF?

Respuesta 1: Desde luego, nuestras ideas se han centrado principalmente en un sistema IFF que emplee el método visual. De manera que nos permita identificar de forma sencilla a los aliados que entren en nuestro campo de visión.

Pregunta 2: ¿Podría hablarme sobre alguno de esos medios?

Respuesta 2: En nuestro caso, hemos desarrollado un sistema de balizas que se colocan sobre el blindaje del carro mediante imanes y emiten un código morse basado en luces IR que únicamente son visibles por visores específicos que no incluyen los térmicos por lo que no serían visibles por los medios de adquisición de objetivos de los carros enemigos. Cada baliza integra un software que nos permite configurar la emisión de las luces IR a nuestro gusto de manera que podemos identificar cada carro aliado por su respectivo código morse.

Pregunta 3: ¿Cuáles son las ventajas que nos ofrece este sistema IFF?, ¿por qué basarse en luces IR y no en otros medios?

Respuesta 3: El hecho de constituirse en balizas imantadas nos permite numerosas configuraciones en su colocación sobre la carrocería del Leopard. Además, son fácilmente modificables y tienen un gasto energético mínimo (pilas básicas). Las ventajas de usar IR y no otras formas como pueda ser una firma térmica, es simplemente porque modificar la firma térmica del carro implicaría un gasto de energía excesivo para calentar y enfriar la fuente en un breve periodo de tiempo. A esto hay que añadir que los medios de adquisición de objetivos se basan en cámaras térmicas que apenas pueden diferenciar la firma térmica del carro con la de la fuente identificativa a grandes distancias. Otra ventaja acorde a los medios de adquisición es que las

luces IR no son visibles por los carros enemigos ya que no acostumbran a emplear los medios específicos para detectarlas y además podemos encender y apagar las balizas rápidamente. Únicamente habría que dotar a la tripulación de los visores necesarios para ver los IR. Por último, una ventaja significativa es la facilidad con la que nuestras unidades pueden ser identificadas por nuestros medios aéreos ya sean formaciones, convoyes o posiciones determinadas evitando así el fuego amigo por estos.

Pregunta 4: Para finalizar, ¿podría hacer un breve resumen de las ventajas mencionadas respecto a este sistema IFF?

Respuesta 4: Básicamente, se trata de un sistema fácilmente configurable con muchas posibilidades y variantes que tiene un mínimo gasto tanto energético como económico y que posibilita la identificación aliada de manera discreta por parte de nuestras fuerzas terrestres y aéreas evitando al enemigo.

Nombre del entrevistado: Jorge Bautista Aparicio

Empleo: Brigada

Unidad destino: Ministerio de Defensa / Jefatura de Sistemas terrestres

Fecha: 02/10/2017

Pregunta 1: Dada su participación en el Proyecto 8x8 en el que están trabajando y su colaboración con Indra en el proyecto AMIGOS, ¿han estudiado algún tipo de sistema IFF que puedan incluir en el nuevo vehículo que están desarrollando?

Respuesta 1: Afirmativo. Hemos trabajado en un sistema basado en los principios del sistema utilizado en la aviación. Consta de tres elementos: un interrogador, un transpondedor y un computador que procesa los protocolos de información.

Pregunta 2: ¿Cuál es su funcionamiento básico?

Respuesta 2: El interrogador funciona mediante frecuencias en banda Ka que son capaces de discernir entre varios objetivos separados de 25 a 50 metros entre ellos y situados hasta a 6000 metros de distancia. Esta capacidad de identificación se ve modificada en función de la distancia mediante un factor de corrección que evita el error de interrogación por ecos entre objetivos cercanos. Una vez que el otro carro recibe la señal de interrogación, automáticamente el transpondedor envía una señal de respuesta que incluye un código de identificación con el encuadramiento de ese carro en la unidad desplegada. Hay dos modos de interrogación. Uno largo en el que la respuesta incluye ese código de identificación y, otro corto en el que únicamente te indica si es amigo o desconocido. Todas estas señales están codificadas por supuesto, el

computador se encarga de encriptar y desencriptar la información, así como de introducir el factor de corrección entre otras cosas.

Pregunta 3: ¿Por qué decidieron basar el sistema en microondas?

Respuesta 3: En un principio pensamos en emplear el propio láser del sistema de tiro del carro, pero nos dimos cuenta de que eso conllevaría bastantes fallos de identificación debido a que el láser a grandes distancias y en función del ambiente climatológico podía dar falsos positivos al tratarse de un haz de luz. Ahora bien, las microondas en banda Ka, y con el factor de corrección para solucionar problemas con los lóbulos laterales, permite esta identificación a grandes distancias y la distinción entre varios objetivos próximos entre sí.

Pregunta 4: ¿Este sistema es compatible con el BMS Lince? De ser así, ¿cómo sincroniza los datos?

Respuesta 4: El sistema es completamente compatible con el BMS Lince. El computador se encargará de actualizar todos los datos materializándolos en la pantalla del BMS automáticamente. Únicamente será necesario conectarlo a la entrada de la TMA ya preparada para ello. De esta manera, el ordenador se conectará con el BMS y podrá transmitir los datos facilitando así el mando y control.

Pregunta 5: Con respecto a la aviación o el apoyo aéreo, ¿el sistema es capaz de coordinarse con ellos?

Respuesta 5: En el caso de la aviación el sistema es incapaz de coordinarse por sí solo. Dada la velocidad a la que se mueven los aviones la transmisión actualizada de información sobre el campo es prácticamente imposible. Por eso, para evitar posibles incidentes, cuando se solicita la participación de la aviación, la información necesaria para realizar la acción les es transmitida poco antes de ejecutarla para que una vez en vuelo no haya ningún error. Sin embargo, en el caso de los helicópteros, el sistema sí puede responder dado que su velocidad es mucho menor y la información puede transmitirse acorde a sus movimientos.

Pregunta 6: ¿Habéis tenido en cuenta la intervención de organizaciones como La Cruz Roja u otras ONGs para poder distinguirlas durante el desarrollo de las misiones?

Respuesta 6: No concretamente. Sin embargo, nuestro sistema incluye dos tipos de transpondedores. Uno que es el que se compone de antena del interrogador y antena del transpondedor, y otro que únicamente se compone de la antena del transpondedor. Nuestra idea era situar el primero en todo vehículo capaz de efectuar fuego y el otro en todo vehículo que se desplace por la ZA (Zona de Acción). Hablamos de ambulancias, trenes logísticos, etc. Por lo que podemos incluir a ese tipo de organizaciones que mencionas en este segundo grupo.

Anexo B: Generalidades de la PR4G

La PR4G (Ver *Figura B.1.*) es el modo abreviado en que se conoce al principal radioteléfono que se encuentra en dotación entre las unidades del ejército español hoy en día. Se trata de una radio VHF (“Very High Frequency”) que puede ser empleada tanto por el combatiente a pie como por los vehículos con su configuración vehicular para la transmisión de fonía y de datos a una distancia de entre 8 a 10 kilómetros. Sus especificaciones son:

RANGO DE FRECUENCIA	30-88MHz (230 canales en pasos de 25KHz)
SALTO DE FRECUENCIA	SI
BÚSQUEDA DE CANAL LIBRE	SI
MODO DE ADAPTACIÓN	SI
FRECUENCIA DIGITAL FIJA	SI
CANALES	2320
FRECUENCIA ANALÓGICA FIJA	SI
OTROS	Borrado de emergencia y protección EMP
MODOS DE TRABAJO	Analógica (Sin protector COMSEC) Digital (Con protector COMSEC)
TRANSFERENCIA DE DATOS	38400 bits/s

Tabla B.1.: Especificaciones del Radioteléfono PR4G [Información Extraída de <http://www.ejercito.mde.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html>]

El radioteléfono PR4G cuenta actualmente con dos versiones que mejoran sus capacidades y funcionalidades: la PR4G V2 (RT-9500) y la PR4G V3(RT-9210). En todas sus versiones cuenta con una amplia gama de contramedidas electrónicas para asegurar las comunicaciones. En el carro de combate la V2 es emplea únicamente para la transmisión de fonía dada su menor capacidad de transferencia de datos. Por otra parte, la V3 es empleada en el carro para la transmisión de datos puesto que trabaja con un mayor ancho de banda y además incluye GPS entre sus funcionalidades; perfecto para su empleo junto con el BMS-Lince.



Figura 18:PR4G original [Extraída de <http://www.ejercito.mde.es/materiales/transmisiones/Radiotelefono.html>]

Anexo C: Generalidades del Sistema ROVIS

El sistema ROVIS es un sistema digital de comunicaciones diseñado específicamente para vehículos de combate que controla tanto el equipo de radio incorporado al carro de combate como el equipo interfónico. El equipo interfónico es el que proporciona la comunicación entre los componentes de la tripulación y, a su vez, de ésta con el exterior.

El ROVIS emplea un sistema digital moderno que admite cascos con cancelador activo de ruido y consigue un alto porcentaje de inteligibilidad en las conversaciones desarrolladas en ambientes ruidosos, algo inevitable en lo que concierne al carro de combate, como por ejemplo los ruidos provocados por el anillo de giro de la torre del carro.

Este sistema está capacitado para incorporar hasta seis radios voz o cuatro radios voz y dos de datos y es totalmente compatible eléctricamente con la PR4G. Por lo que se puede afirmar que actualmente trabaja muy por debajo de sus posibilidades al interconectar únicamente dos radios voz y una de datos.

La caja de control de comunicaciones del ROVIS está situada justo detrás del JC entre las dos zonas reservadas para la instalación de las respectivas radios PR4G en su malla directora y subordinada. Esto posibilita la operación de la misma por parte del JC en caso de necesidad o, en su defecto, también está al alcance del cargador del carro de combate (Ver *Figura C.1.*).



Figura 19: Caja de control de comunicaciones del Sistema ROVIS

Anexo D: Importancia de la selección de ecos del telémetro láser

La necesidad de una selección entre distintos ecos se explica con el funcionamiento del telémetro láser. Los telémetros láser se emplean para el cálculo de la distancia existente al objetivo y se componen de un emisor láser y un receptor. El sistema realiza el cálculo midiendo el tiempo transcurrido tras la emisión del haz de láser y su retorno al receptor una vez rebota en el objetivo. Conocida la velocidad de desplazamiento del haz láser y el tiempo que tarda en rebotar, se calcula la distancia de manera muy precisa.

Sin embargo, este haz no deja de tratarse de luz que inevitablemente se dispersa con la distancia. Esto puede dar lugar a varias mediciones debido a otros posibles rebotes (ecos) producidos delante o detrás del objetivo como consecuencia de dicha dispersión. Por eso, el sistema de adquisición de objetivos del Leopard 2E cuenta con un selector de ecos a tener en cuenta en función de la distancia al blanco y del terreno que le rodea. Este selector contempla el primer eco o el último:

- El primer eco normalmente se emplea para unidades aéreas, concretamente, helicópteros. Esto se debe a que, al situarlos normalmente en el cielo abierto, el eco recibido por el receptor del telémetro láser será el único que rebote en el helicóptero mientras que los demás se perderán en la distancia al no encontrar un obstáculo con el que rebotar. Por tanto, si seleccionáramos el último eco, obtendríamos un error en el cálculo de tiro dado que no llegaríamos a captar ese eco.

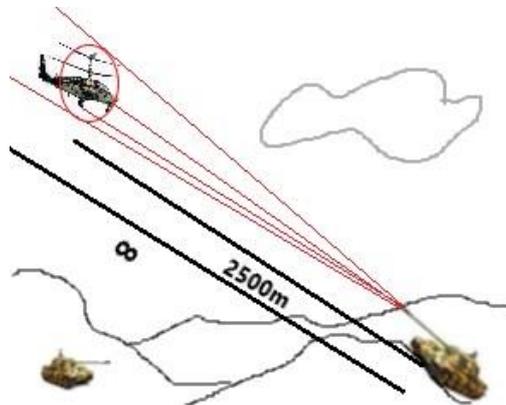


Figura 20: Croquis explicativo selección del primer eco

- El último eco se utiliza para objetivos terrestres puesto que al ser el último se le presupone el punto de rebote más lejano dada la dirección de tiro directo (tiro tenso). De manera que, el punto más lejano se situará detrás del blanco, pero la trayectoria del proyectil alcanzará igualmente al objetivo al encontrarse entre dicho punto y el cañón del carro que realizará el fuego (Por ejemplo, el último eco marca una distancia de 2500 metros, pero el objetivo se encuentra a 2000 metros).

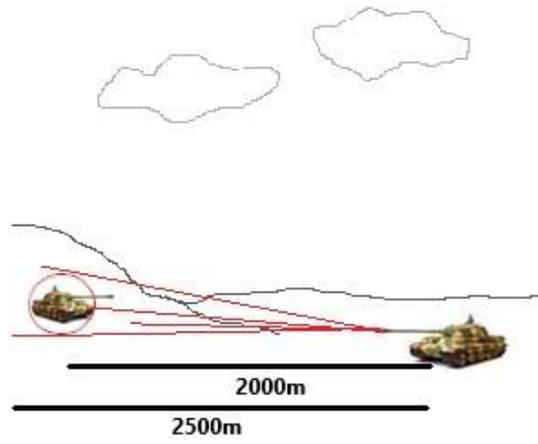


Figura 212.: Croquis explicativo selección último eco

