



Trabajo Fin de Grado

Control de emisiones y simulación con señuelos en el
despliegue de una UDAA

Autor

Alfonso Martínez Cruz

Director académico: Andrés Sánchez Padilla

Director militar: Álex Amor Vicente

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023



Agradecimientos

En el transcurso de esta apasionante travesía académica, me siento profundamente agradecido por el apoyo, la guía y la inspiración que he recibido de diversas personas que han contribuido de manera significativa a la culminación de este Trabajo de Fin de Grado.

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Capitán Alex Amor Vicente, cuyo apoyo y orientación brindaron una perspectiva invaluable a este trabajo. Sus conocimientos y experiencia en el campo de la defensa antiaérea han sido fundamentales para mi formación y comprensión de este tema.

Agradezco de igual forma a los profesores del Centro Universitario de la Defensa (CUD) que han desempeñado un papel crucial en mi educación. Sus enseñanzas, estímulo y dedicación han sido una fuente constante de inspiración y motivación para alcanzar este logro.

En particular, quiero expresar mi gratitud al Profesor Andrés Sánchez Padilla, mi tutor de este Trabajo de Fin de Grado. Sus consejos, correcciones y orientación han sido esenciales para dar forma y desarrollar este proyecto.

No puedo pasar por alto el apoyo incondicional de mis compañeros, quienes compartieron conmigo las alegrías y desafíos de este viaje. Vuestra colaboración y amistad hicieron de este proceso una experiencia aún más enriquecedora.

Por último, pero no menos importante, deseo extender mi agradecimiento a mis familiares. Vuestro amor, paciencia y comprensión fueron mi principal fuente de motivación a lo largo de estos años. Cada logro alcanzado en este camino es también vuestro, y por ello, os estoy eternamente agradecido.

A todos los mencionados y a aquellos que de una u otra manera contribuyeron a mi crecimiento y desarrollo académico, les ofrezco mi más sincero agradecimiento. Este logro no hubiera sido posible sin su apoyo, y por ello, lleva también un pedazo de cada uno de ustedes. Gracias.





RESUMEN

Este estudio ofrece una visión integral de la evolución de la tecnología militar y la guerra moderna, centrándose en el papel fundamental que desempeña la artillería antiaérea (AAA) en un entorno caracterizado por una alta tecnología y amenazas aéreas cada vez más sofisticadas. A lo largo de este trabajo, se pone de manifiesto cómo los misiles y la tecnología aeronáutica han experimentado notables avances a lo largo del tiempo, resultando en un aumento significativo de su velocidad, alcance y capacidad de detección de emisiones de radar. Estos avances han convertido a estas amenazas aéreas en un desafío formidable y subrayan la importancia crítica de la AAA en la detección y neutralización de estas amenazas, asegurando la protección de activos estratégicos y la consecución de la superioridad aérea.

El control de emisiones emerge como un elemento central en la estrategia de defensa antiaérea, implicando la reducción de las señales electromagnéticas emitidas por sistemas de radar y comunicación con el fin de evitar su detección por misiles y otras armas guiadas. Esta táctica se ha vuelto indispensable para la supervivencia de las unidades de AAA en un entorno de guerra electrónica cada vez más sofisticada.

En este contexto, los señuelos desempeñan un papel crucial en la defensa antiaérea. Estos dispositivos tienen la función de engañar y desviar las amenazas aéreas lejos de áreas críticas, protegiendo territorio, personal militar y recursos estratégicos. Un ejemplo relevante se evidencia en su efectividad durante la Guerra del Golfo Pérsico.

El análisis se adentra en las amenazas contemporáneas, como los misiles HARM (*High-Speed Anti-Radiation Missile*) y sus plataformas de lanzamiento. Estos misiles están especialmente diseñados para atacar y destruir sistemas de radar y defensas antiaéreas, lo que destaca la constante necesidad de adaptación y evolución por parte de las unidades de AAA.

Sin embargo, el uso de señuelos no está exento de riesgos, incluyendo la posibilidad de revelar tácticas y tecnologías al adversario, la sobrecarga logística y la necesidad de una coordinación precisa entre las unidades de las fuerzas propias. Estos desafíos también son objeto de análisis en este estudio.

Finalmente, se aborda cómo se configuran y despliegan las Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA) para cumplir con su misión y se ofrece una exploración detallada del despliegue de radares, incluyendo señuelos, en un escenario táctico hipotético.

En relación a la metodología aplicada en este estudio, su objetivo fundamental es realizar un análisis exhaustivo de las amenazas actuales que enfrenta la AAA y, en particular, la AAA española. Esto implica identificar las capacidades potenciales de posibles adversarios y las razones que podrían llevar a un contencioso con el Estado Español. Los objetivos específicos abordan el estudio de sistemas de defensa antiaérea en el contexto actual, incluyendo el control de emisiones, los señuelos y el despliegue de una UDAA.

La metodología se estructura en diversas fases, comenzando con el estudio de las amenazas a la AAA española, seguido del análisis DAFO de los sistemas radar utilizados, encuestas al personal de las unidades de AAA y la evaluación de los riesgos asociados al uso de señuelos. Finalmente, se desarrolla un ejemplo práctico de despliegue de una UDAA con señuelos. Estas fases permiten obtener una visión completa de las capacidades y desafíos de la AAA en el control de emisiones y el uso de señuelos en su despliegue, y contribuyen a fortalecer la defensa antiaérea.

En síntesis, este trabajo proporciona una comprensión completa de la evolución de la



tecnología y estrategias militares, destacando la adaptación de las unidades de AAA para hacer frente a amenazas aéreas contemporáneas. Asimismo, se subraya la importancia del control de emisiones y el uso de señuelos en el campo de batalla, elementos cruciales garantizar la eficacia y supervivencia de las unidades de AAA en un entorno de conflicto vez más complejo.

Palabras clave

Control de emisiones, Señuelos, Misil HARM, Plataforma, Sistema.



ABSTRACT

This study provides a comprehensive overview of the evolution of military technology and modern warfare, focusing on the critical role played by anti-aircraft artillery (AAA) in an environment characterized by high technology and increasingly sophisticated aerial threats. Throughout this work, it highlights how missiles and aeronautical technology have undergone remarkable advances over time, resulting in significant increases in their speed, range, and radar emission detection capabilities. These advances have made these airborne threats a formidable challenge and underscore the critical importance of AAA in detecting and neutralizing these threats, ensuring the protection of strategic assets and the achievement of air superiority.

Emission control emerges as a central element in air defense strategy, involving the reduction of electromagnetic signals emitted by radar and communication systems in order to avoid detection by missiles and other guided weapons. This tactic has become indispensable for the survival of AAA units in an increasingly sophisticated electronic warfare environment.

In this context, decoys play a crucial role in air defense. These devices have the function of deceiving and diverting aerial threats away from critical areas, protecting territory, military personnel and strategic resources. A relevant example is evidenced by their effectiveness during the Persian Gulf War.

The analysis delves into contemporary threats, such as HARM (High-Speed Anti-Radiation Missile) missiles and their launch platforms. These missiles are specially designed to attack and destroy radar systems and anti-aircraft defenses, highlighting the constant need for adaptation and evolution on the part of AAA units.

However, the use of decoys is not without risks, including the possibility of revealing tactics and technologies to the adversary, logistical overload and the need for precise coordination between units of one's own forces. These challenges are also the subject of analysis in this study.

Finally, it addresses how Air Defense Units (ADUs) are configured and deployed to accomplish their mission and provides a detailed exploration of the deployment of radars, including decoys, in a hypothetical tactical scenario.

Regarding the methodology applied in this study, its main objective is to perform an exhaustive analysis of the current threats faced by the AAA and, in particular, the Spanish AAA. This involves identifying the potential capabilities of possible adversaries and the reasons that could lead to a conflict with the Spanish state. The specific objectives address the study of air defense systems in the current context, including emission control, decoys and the deployment of an ADU.

The methodology is structured in several phases, starting with the study of the threats to the Spanish AAA, followed by the SWOT analysis of the radar systems used, surveys to the personnel of the AAA units and the evaluation of the risks associated to the use of decoys. Finally, a practical example of the deployment of an ADU with decoys is developed. These phases provide a complete picture of AAA capabilities and challenges in emission control and the use of decoys in their deployment, and contribute to strengthening air defense.

In summary, this work provides a comprehensive understanding of the evolution of military technology and strategies, highlighting the adaptation of AAA units to meet contemporary airborne threats. It also highlights the vital importance of emission control and the use of decoys on the battlefield, crucial elements to ensure the effectiveness and survivability of AAA units in



an increasingly complex conflict environment.

Keywords

Emissions control, Decoys, HARM Missile, Platform, System.



ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	1
<i>RESUMEN</i>	3
<i>Palabras clave</i>	4
<i>ABSTRACT</i>	5
<i>Keywords</i>	6
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	9
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	11
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	16
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	16
2.2. METODOLOGÍA.....	17
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	19
3.1. PRINCIPALES AMENAZAS PARA LA AAA	19
3.2. MISIL HARM	19
3.3. PLATAFORMAS DE LANZAMIENTO	20
3.4. PRINCIPALES AMENAZAS PARA LA AAA ESPAÑOLA	21
3.4.1. FEDERACIÓN DE RUSIA	21
3.4.2. REPÚBLICA POPULAR DE CHINA.....	25
3.4.3. REINO DE MARRUECOS.....	29
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	33
4.1. ANÁLISIS DE SISTEMAS RADAR DE LA AAA ESPAÑOLA	33



4.2. PLAN EMCON	38
4.3. SEÑUELOS	39
4.3.1. SEÑUELOS ELECTROMAGNÉTICOS	40
4.3.2. SEÑUELOS FÍSICOS.	41
4.4. RESULTADOS ENCUESTA	42
4.5. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL EMPLEO DE SEÑUELOS	44
4.6. DESPLIEGUE DE UNA UDAA	45
4.7. CONTRAMEDIDAS ACTUALES Y TENDENCIAS	47
4.7.1. ACTUALIDAD	47
4.7.2. TENDENCIAS.....	49
5. CONCLUSIONES.....	50
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS.....	54
Anexo I. DAFO RADARES.....	54
Anexo II. ENCUESTA.....	59
Anexo III. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	65
Anexo IV. CRITERIOS DE DESPLIEGUE.....	66



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Misil AGM-88C HARM. Fuente: Ejército del Aire y del Espacio (2023b).....	19
Figura 2. Sistema para contramedidas electrónicas para Eurofigther. Fuente: Zona Militar (2022)	20
Figura 3. Distribución de personal en las Fuerzas Armadas rusas. Fuente: MacKinlay (2009, p. 3)	21
Figura 4. Misil Kh-58U. Fuente: Kuzmin, (2016)	22
Figura 5. Misil Kh-31P bajo ala de caza Su-35S involucrado en el conflicto Rusia-Ucrania. Fuente: Kirill, (2022)	23
Figura 6. Caza SU-35S durante unas maniobras en la Región Militar oriental. Fuente: Ministerio de Defensa de la Federación Rusa (2017)	24
Figura 7. Caza MiG-31BM armado con cuatro misiles HARM tipo Kh-31P. Fuente: Santana (2023)	25
Figura 8. Distribución de personal del EPL. Fuente: Elaboración propia a partir del servicio de investigación del Congreso de EE.UU y BBC	26
Figura 9. Misil YJ-91 en exposición. Fuente: GlobalSecurity.org (2022)	27
Figura 10. Shenyang J-15 aterrizando en portaviones. Fuente: Wang, (2022)	28
Figura 11. Shenyang J-16 en vuelo portando diferentes municiones. Fuente: McLaren, (2020)	29
Figura 12. Distribución de personal de las FARM. Fuente: Elaboración propia	30
Figura 13. Misil AGM-88 HARM montado en aeronave. Fuente: Department of Defense (2018)	31
Figura 14. F-16 marroquí en vuelo. Fuente: García (2020)	32
Figura 15. Radar RAC 3-D desplegado. Fuente: Ejército del Aire y del Espacio (2023a)	33
Figura 16. Radar AN/MPQ-64F1 Sentinel del RAAA 73. Fuente: Contando Estrelas (2023)	34
Figura 17. Radar AN/MPQ-53 PATRIOT sobre remolque. Fuente: Wolff (s.f.)	35
Figura 18. Radar AN/MPQ-62 CWAR en el RAAA I/74. Fuente: Elaboración propia.....	36
Figura 19. Radar AN/MPQ-50 PAR en el RAAA I/74. Fuente: Elaboración propia	36
Figura 20. Diferentes versiones del radar Lanza 3D. Fuente: Indra (2005)	37
Figura 21. Radar Chart con los principales aspectos identificados de cada radar analizado. Fuente: Elaboración propia a partir de Anexo I.....	38



Figura 22. Imagen de un señuelo radar enmascarado fabricado por la empresa Metinvest en Ucrania. Fuente: Bell y Bairin (2023)	40
Figura 23. Imagen de un señuelo radar sobre remolque fabricado por la empresa Metinvest en Ucrania. Fuente: Bell y Bairin (2023)	40
Figura 24. Tanques hinchables tipo HIMARS de la empresa checa Infla Tech en el conflicto Rusia-Ucrania. Fuente: Coronel (2023)	41
Figura 25. Imagen satélite de marcas de vehículos militares (San Gregorio). Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.....	42
Figura 26. Despliegue de una UDAA en defensa ponderada con señuelo. Fuente: Elaboración propia a partir de Carta Digital	46
Figura 27. Red Barracuda MCS para plataformas. Fuente: Saab Automobile (2021)	48
Figura 28. Sistema "Ground Based Radar EA Systems" de Indra. Fuente: Indra (2020)	49
Figura 29. Representación de arma de energía dirigida de Lockheed Martin. Fuente: Lockheed Martin (2022)	49
Figura 30. Apoyo mutuo. Fuente: MADOC (2016b).....	66
Figura 31. Solape de fuegos. Fuente: MADOC (2016b).....	66
Figura 32. Defensa equilibrada. Fuente: MADOC (2016b)	67
Figura 33. Defensa ponderada. Fuente: MADOC (2016b)	67
Figura 34. Acción en profundidad. Fuente: MADOC (2016b)	68
Figura 35. Acción lateral. Fuente: MADOC (2016b)	68
Figura 36. Acción frontal. Fuente: MADOC (2016b)	68



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales características Kh-58U. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 2. Principales características Kh-31P. Fuente: Elaboración propia	23
Tabla 3. Principales características SU-35S. Fuente: Elaboración propia	24
Tabla 4. Principales características MiG-31BM. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 5. Principales características YJ-91. Fuente: Elaboración propia.....	27
Tabla 6. Principales características J-15. Fuente: Elaboración propia	28
Tabla 7. Principales características Shenyang J-16. Fuente: Elaboración propia.....	29
Tabla 8. Principales características AGM-88. Fuente: Elaboración propia	31
Tabla 9. Principales características F-16. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 10. Principales características del radar RAC 3-D. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2017).....	34
Tabla 11. Principales características del radar AN/AMPQ-64F1 Sentinel. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2009)	34
Tabla 12. Principales características del radar AN/MPQ-53 PATRIOT. Fuente: Elaboración propia a partir de Ejército de Tierra (2021)	35
Tabla 13. Principales características del radar CWAR. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2004a).....	36
Tabla 14. Principales características del radar PAR. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2004b).....	37
Tabla 15. Principales características radar Lanza 3D. Fuente: Elaboración propia a partir de Indra (2005)	37
Tabla 16. Resultado análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia (Anexo III)	44
Tabla 17. DAFO RAC 3-D. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2017)	54
Tabla 18. DAFO AN/MPQ-64F1 Sentinel. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2009)	55
Tabla 19. DAFO AN/MPQ-53 PATRIOT. Fuente: Elaboración propia a partir de Ejército de Tierra (2021).....	55
Tabla 20. DAFO AN/MPQ-62 CWAR. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída a pie de campo.....	56



Tabla 21. DAFO AN/MPQ-50 PAR. Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída a pie de campo	57
Tabla 22. DAFO Lanza 3D. Fuente: Elaboración propia a partir de Indra (2005)	57
Tabla 23. Análisis de riesgos en el empleo de señuelos en un conflicto. Fuente: Amor Vicente (s.f)	65



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AAA	Artillería Antiaérea
CWAR	<i>Continuous Wave Acquisition Radar</i>
EMCON	<i>Emission Control</i>
EPL	Ejército Popular de Liberación
ET	Ejército de Tierra
EW	<i>Electronic Warfare</i>
GLONASS	Sistema Global de Navegación por Satélite
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HARM	<i>High-Speed Anti-Radiation Missile</i>
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PAR	<i>Pulse Acquisition Radar</i>
RPC	República Popular China
TN	Territorio Nacional
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UDAA	Unidad de Defensa Antiaérea
UE	Unión Europea



1. INTRODUCCIÓN

En el mundo en constante cambio de la tecnología militar y la guerra moderna, la evolución de las armas guiadas y las tácticas empleadas en los campos de batalla ha transformado el paisaje de las operaciones militares. Entre estas armas, los misiles se destacan como un ejemplo emblemático de cómo la tecnología ha revolucionado la manera en que se libran las guerras. La rápida evolución de estos misiles y la creciente sofisticación de las aeronaves que los lanzan han planteado desafíos y oportunidades significativas en el campo de la AAA.

En este contexto, la importancia del empleo de señuelos y el control de emisiones se ha convertido en un aspecto crítico para la supervivencia de las unidades de AAA. La capacidad de estas unidades para detectar y neutralizar amenazas aéreas es fundamental para proteger activos estratégicos y garantizar la seguridad en el campo de batalla. Sin embargo, en un entorno de alta tecnología y misiles de precisión, eludir a los sistemas de ataque se ha vuelto una tarea cada vez más compleja.

La evolución de los misiles es un testimonio de cómo la tecnología ha influido en las operaciones militares a lo largo de los años. Estos misiles, desarrollados originalmente para atacar sistemas de radar enemigos, han evolucionado desde sus primeras apariciones, que tenían un alcance limitado y menos precisión. Con el tiempo, la tecnología de misiles ha avanzado significativamente, aumentando su velocidad, alcance y capacidad de detección de emisiones de radar. Esto los ha convertido en una amenaza aún más formidable, por lo tanto, en un desafío importante para la AAA.

En paralelo con la evolución de los misiles, las aeronaves que los lanzan han experimentado cambios significativos. Las aeronaves de combate, como cazas y bombarderos, han integrado tecnologías avanzadas, desde sistemas de detección y seguimiento de objetivos hasta tecnología furtiva que minimiza su perfil de radar.

Sin embargo, a medida que las aeronaves han evolucionado para volverse más sigilosas y letales, la importancia de la AAA no ha disminuido. Por el contrario, la importancia de las defensas antiaéreas, ha crecido, ya que la detección y neutralización de estas amenazas aéreas se ha vuelto más difícil. Las unidades de AAA son responsables de proteger activos críticos, como bases militares, infraestructura estratégica y fuerzas terrestres, y garantizar la superioridad aérea. Para hacerlo, han tenido que adaptarse y desarrollar nuevas estrategias.

Una de las estrategias fundamentales en la lucha contra amenazas aéreas es el control de emisiones. Esto implica la gestión y, en la medida de lo posible, la reducción de las señales electrónicas emitidas por los sistemas de radar y comunicación. La detección de estas señales por parte de misiles y otras armas guiadas puede exponer las posiciones de las unidades de AAA y, en última instancia, llevar a ataques exitosos por parte del adversario.

La tecnología de control de emisiones incluye la capacidad de cambiar las frecuencias de radar, minimizar la duración de las emisiones y emplear tecnología furtiva en los sistemas de radar. También involucra la formación del personal en técnicas de reducción de emisiones y la implementación de protocolos de seguridad electrónica para evitar la detección. En un entorno de guerra electrónica cada vez más sofisticado, la capacidad de controlar las emisiones se ha vuelto fundamental para la supervivencia de las unidades de AAA.

La efectividad de las estrategias de control de emisiones y el uso de señuelos en la



defensa antiaérea se entrelaza de manera crucial en el campo de batalla moderno. Mientras el control de emisiones busca minimizar la exposición de las unidades de la AAA al reducir las señales electrónicas emitidas por los sistemas de radar y comunicación, los señuelos representan una faceta activa y de decepción de la protección antiaérea. En conjunto, estas dos estrategias colaboran para garantizar la supervivencia de las unidades y la neutralización de amenazas aéreas, creando una sinergia vital en el complejo entorno de guerra electrónica y aérea actual.

Por este motivo el uso de señuelos en el despliegue de unidades de defensa antiaérea ha desempeñado un papel crítico en conflictos armados a lo largo de la historia moderna. En situaciones de combate real, la capacidad de engañar y desviar las amenazas aéreas se ha convertido en una estrategia vital para proteger territorio, personal militar y recursos estratégicos. Un ejemplo destacado de esta estrategia se encuentra en la Guerra del Golfo Pérsico de 1990-1991, donde las fuerzas Aliadas se enfrentaron a una formidable amenaza aérea iraquí. Para contrarrestar esta amenaza, se desplegaron sistemas de defensa antiaérea avanzados, que incluían señuelos, para desviar misiles y aviones enemigos de objetivos críticos, minimizando así el impacto de las agresiones aéreas. Este conflicto ilustra la importancia de los señuelos en el campo de batalla, resaltando su contribución a la supervivencia y la efectividad de las unidades de defensa antiaérea en condiciones reales de guerra. En este trabajo, se explorará cómo los señuelos han evolucionado y continuado desempeñando un papel esencial en conflictos posteriores, adaptándose a las amenazas aéreas contemporáneas y destacando su relevancia en la seguridad y la estrategia militar actual.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El propósito fundamental de este trabajo consiste en llevar a cabo un análisis exhaustivo de las amenazas que pueden afectar actualmente a los sistemas de Artillería Antiaérea (AAA). Este análisis busca proporcionar una comprensión profunda de los desafíos que enfrenta la AAA, permitiendo así la identificación de áreas de mejora y la optimización de las estrategias de defensa antiaérea. Además, se pretende aplicar este análisis al contexto específico de la AAA en España, contribuyendo a la seguridad y eficacia de las operaciones de defensa aérea.

Por su parte, los objetivos específicos del trabajo son los siguientes:

- Investigar y describir las características de posibles adversarios que podrían verse involucrados en un contencioso con el Estado español. Esto implica el análisis de sus capacidades potenciales y las razones que podrían llevar a dicho conflicto.
- Analizar las particularidades de los sistemas que representan una amenaza para la AAA española. Esto incluye la consideración de las amenazas más relevantes que enfrenta en la actualidad por parte de estos posibles adversarios.
- Explorar en detalle la naturaleza y funcionalidad de un Plan de Control de Emisiones (Plan EMCON), analizando su impacto en la defensa antiaérea.
- Examinar el concepto de señuelos, identificar los diferentes tipos de señuelos disponibles y describir la forma adecuada de implementarlos en el contexto de una Unidad de Defensa de Artillería Antiaérea (UDAA).
- Analizar el despliegue óptimo de una UDAA, destacando la importancia de la implementación de control de emisiones y simulación con señuelos para la efectividad de la defensa antiaérea.
- Evaluar la percepción y opinión del personal destinado en unidades de este tipo, lo que proporcionará información valiosa sobre la realidad operativa y las necesidades de mejora.
- Analizar los riesgos asociados al uso de señuelos en operaciones de defensa aérea, identificando posibles peligros y proponiendo estrategias de mitigación.
- Estudiar los sistemas en uso actualmente y las tendencias aplicadas para contrarrestar las principales amenazas previamente identificadas, manteniéndose al día con las últimas innovaciones y prácticas en defensa antiaérea.

Esta investigación tiene como meta última contribuir al fortalecimiento de la defensa antiaérea española y al desarrollo de estrategias más eficaces para hacer frente a las amenazas actuales y futuras.



2.2. METODOLOGÍA

La investigación de este trabajo se ha estructurado en diversas fases con el objetivo de analizar las principales amenazas que podría enfrentar la AAA española, evaluar los sistemas de radar, recopilar datos a través de encuestas al personal de unidades de AAA, analizar los riesgos asociados al empleo de señuelos y desarrollar un ejemplo práctico de despliegue de una UDAA. Estas fases metodológicas incluyen:

Fase 1: Estudio de Amenazas a la AAA Española.

- Identificación de posibles adversarios y sus capacidades potenciales.
- Revisión de literatura especializada y análisis de informes para determinar las amenazas actuales.
- Recopilación de datos sobre las características de las amenazas, incluyendo su evolución y variabilidad.

Fase 2: Análisis DAFO de Sistemas Radar de la AAA española.

- Identificación de los sistemas radar utilizados en la AAA española que interactúan con estas amenazas.
- Evaluación de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) de cada sistema radar.
- Generación de un radar chart a partir de los resultados del análisis DAFO y las características de los radares, con el fin de visualizar las capacidades y deficiencias de estos sistemas.

Fase 3: Encuesta al Personal Destinado en Unidades de AAA.

- En el contexto del Regimiento de Artillería Antiaérea I/74 (RAAA I/74, ubicado en San Roque), se llevó a cabo un estudio exhaustivo mediante una encuesta que involucró a un grupo de 32 participantes, con el propósito de evaluar sus perspectivas sobre el control de emisiones y la implementación de señuelos en despliegues militares.
- La encuesta incluyó un conjunto de 13 preguntas de elección múltiple cuidadosamente diseñadas, con el fin de medir la opinión y conocimiento de los participantes en relación con temas específicos. Adicionalmente, se incorporaron dos preguntas abiertas que permitieron a los encuestados expresar sus opiniones y aportar sugerencias detalladas, de las cuales se han seleccionado dos debido a su significativo valor añadido.

Fase 4: Análisis de Riesgos del Empleo de Señuelos.

- Evaluación de los riesgos potenciales asociados al uso de señuelos en operaciones de defensa antiaérea, teniendo en cuenta los aspectos operativos y de seguridad.
- Identificación de medidas de mitigación de riesgos y estrategias de seguridad, con el fin de garantizar operaciones seguras y efectivas.



Fase 5: Ejemplo Práctico de Despliegue de una UDAA con Señuelos.

- Desarrollo de un escenario práctico que simula el despliegue de una UDAA con el uso de señuelos.
- Aplicación de criterios de despliegue y evaluación de su efectividad, generando recomendaciones basadas en resultados prácticos.

Los resultados y datos obtenidos en estas fases no son meras observaciones, sino contribuciones sustanciales destinadas a mejorar de manera significativa la efectividad de la AAA en su misión crítica de salvaguardar el espacio aéreo. Al identificar a los posibles adversarios y sus capacidades, se adquieren conocimientos que proporcionan una ventaja estratégica, permitiendo la anticipación y preparación frente a amenazas emergentes.

El análisis DAFO de los sistemas radar ofrece una comprensión completa de su funcionamiento y eficacia, lo que guía el proceso de toma de decisiones para modernizar y optimizar estos sistemas. Las encuestas al personal de unidades de AAA, que se encuentran en la primera línea de la defensa, ofrecen perspectivas valiosas y realistas que pueden influir directamente en la implementación de estrategias y tácticas.

El análisis de riesgos relacionados con el uso de señuelos aporta una comprensión crítica de los peligros potenciales y permite la formulación de medidas de mitigación efectivas, asegurando que las operaciones se realicen con el más alto nivel de seguridad posible.

Por último, el ejemplo práctico de despliegue no solo valida los hallazgos teóricos, sino que también proporciona un banco de pruebas para implementar y perfeccionar estrategias operativas.

La combinación de estas fases metodológicas proporcionará una visión integral de las capacidades y desafíos de la AAA española en relación con el control de emisiones y el uso de señuelos en su despliegue, al mismo tiempo que garantizará una comprensión más profunda de las amenazas y sistemas de radar involucrados. Este enfoque multidisciplinar permitirá aportar un análisis completo y valioso para la defensa antiaérea en España.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

3.1. PRINCIPALES AMENAZAS PARA LA AAA

Conforme la tecnología avanza, también aumentan y mejoran los diferentes sistemas de armas y sus sucedáneos. Esto afecta en gran medida a la AAA, ya que se trata de una rama del Ejército de Tierra que se fundamenta especialmente en la tecnología.

Del mismo modo que se van implementando mejoras para los diferentes sistemas de AAA, también se van incrementando las amenazas a las que esta debe hacer frente, y al tratarse de medios críticos en cualquier conflicto convencional, podemos encontrar un amplio abanico de este tipo de amenazas como podrían ser ataques aéreos, misiles de crucero, fuego indirecto, guerra electrónica, incursiones de operaciones especiales y misiles HARM, entre otras.

A la vista de los últimos conflictos convencionales, especialmente del conflicto entre Rusia y Ucrania, y basándonos en las lecciones aprendidas, a continuación se analizarán las que se han considerado como principales amenazas para la AAA moderna, tratándose de los misiles HARM y sus plataformas de lanzamiento.

3.2. MISIL HARM

Los misiles HARM (*High-Speed Anti-Radiation Missile*) (Figura 1) son un tipo de misil diseñado específicamente para atacar y destruir sistemas de radar y defensas aéreas. Estos misiles se caracterizan por poseer una cabeza buscadora que detecta y rastrea las emisiones de radar enemigas (Ejercito del Aire y del Espacio, 2023b) y pueden ser lanzados tierra-tierra, agua-tierra o aire-tierra. Por lo general, cuando se trata de batir defensas antiaéreas, se lanzan misiles HARM aire-tierra para que el misil parte con una considerable velocidad inicial y así pueda adquirir una mayor velocidad de crucero¹, complicando de este modo que la AAA enemiga pueda alcanzarlo. El alcance de estos misiles varía mucho en función de la velocidad y altitud de la aeronave.



Figura 1. Misil AGM-88C HARM. Fuente: Ejercito del Aire y del Espacio (2023b)

¹ Velocidad de crucero. Velocidad máxima que alcanza un medio propulsado con el mínimo gasto de combustible.



Entre sus principales características destacan las siguientes:

- Alta velocidad (superior a Mach 3) que les permite alcanzar rápidamente su objetivo minimizando el tiempo de respuesta del enemigo (Ejercito del Aire y del Espacio, 2023b).
- Amplia versatilidad que permite que estos misiles puedan ser lanzados desde una gran variedad de aeronaves.
- Dispara y olvida². Una vez lanzado es capaz de operar y maniobrar de forma autónoma.
- *Homing* pasivo por el cual no emiten señales activas dificultando su detección.
- Tienen un alcance efectivo considerable que oscila entre los 80-140 km, por lo que permite que sean lanzados desde distancias seguras.

3.3. PLATAFORMAS DE LANZAMIENTO

Como se ha mencionado anteriormente, los misiles HARM pueden ser lanzados desde diferentes plataformas como cruceros o destructores, lanzadores terrestres o aeronaves. Cuando se trata de enfrentar a la AAA principalmente se emplean aeronaves, ya que estas pueden ir dotadas de sistemas de EW (Figura 2) que les permiten detectar con cierta precisión las ondas electromagnéticas que emiten los radares (Zona Militar, 2022). De este modo se consigue que las aeronaves no entren en la zona de alcance efectivo de los sistemas de AAA y que en el caso de lanzar un misil antirradiación las posibilidades de acierto aumenten considerablemente con respecto a otras plataformas debido a que este ya sale orientado hacia la amenaza.

Por este motivo es de vital importancia disponer de un adecuado Plan EMCON³ y de señuelos o sistemas que dificulten el rastreo y adquisición a las aeronaves y sus misiles HARM. Estos conceptos se evaluarán y desarrollarán en el apartado 4.



Figura 2. Sistema para contramedidas electrónicas para Eurofigther. Fuente: Zona Militar (2022)

² Dispara y olvida. Método de guiado de misiles de tercera generación.

³ Plan EMCON. Estricto control de las emisiones para dificultar la radiolocalización de los sensores.



3.4. PRINCIPALES AMENAZAS PARA LA AAA ESPAÑOLA

España se encuentra en una posición geoestratégica clave al ser la puerta de Europa desde el norte de África y esto hace que aparte de las vulnerabilidades que enfrenta por ser miembro activo de la OTAN también presente cierta vulnerabilidad en su frontera sur, especialmente debido a los posibles conflictos con países en la vecindad meridional de la Unión Europea. Por lo tanto, los principales actores con potencial para llegar a un enfrentamiento convencional en el que se viese implicado el Estado español, serían Rusia, China y Marruecos. Por este motivo, en este apartado se analizarán las principales amenazas a las que podría llegar a hacer frente la AAA española, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado.

3.4.1. FEDERACIÓN DE RUSIA

Heredera de la extinta Unión Soviética, actualmente se trata de la fuerza predominante que amenaza el este de Europa y con ello los intereses de la OTAN y de la UE, y por ende, al Estado español.

El Ejército ruso presenta una gran fuerza tanto terrestre como aérea (Figura 3). Contando con alrededor de un millón de efectivos repartidos entre tierra, aire y marina. También cuenta con un elevado número de aeronaves, alrededor de 2100, en estados de operatividad muy variable, y la gran mayoría del mismo tipo que durante la Guerra Fría (MacKinlay, 2009, p. 3).

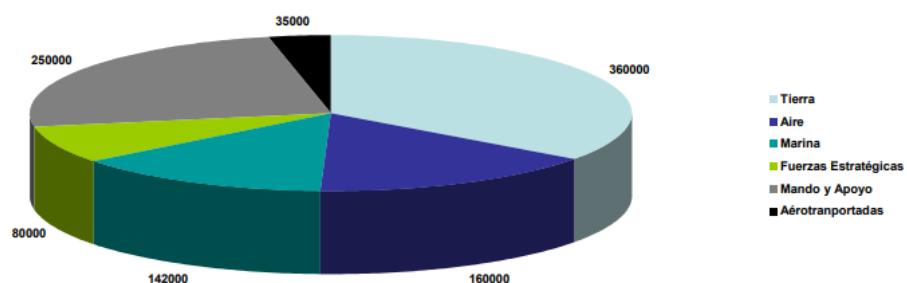


Figura 3. Distribución de personal en las Fuerzas Armadas rusas. Fuente: MacKinlay (2009, p. 3)

En caso de un enfrentamiento en el que se viese implicada nuestra AAA, el Ejército ruso probablemente trataría de suprimirla al igual que está haciendo en Ucrania, con misiles HARM lanzados desde aeronaves. A continuación se analizarán los misiles HARM y aeronaves más comunes en este Ejército.

- MISILES HARM RUSOS.

El Ejército ruso cuenta con una amplia variedad de misiles y bombas, la mayoría resquicios de la Guerra Fría. Los dos misiles antirradiación que más se están empleando son el Kh-58U y el Kh-31P, ambos versiones más modernas y avanzadas del Kh-28, el cual actualmente está en desuso a falta de consumir existencias.

- Kh-58U. Designación OTAN AS-11 Kilter

En 1982 entra en servicio el Kh-58 (Figura 4) con la intención de poder combatir el sistema de defensa aérea norteamericano *Patriot*. En 1991 la Fuerza Aérea rusa adquiere una



nueva versión que mejoraba el alcance y prestaciones de su antecesor, denominado el Kh-58U (Tabla 1), para poder combatir los sistemas *Hawk*, *Nike Hercules* y *Patriot* sin que las aeronaves necesitasen entrar en la zona de lanzamiento de estos, y convirtiéndose en la principal arma utilizada en misiones SEAD⁴ hasta el momento (Matías, 2018).

Se trata de un diseño normal con alas fijas y superficies de control en la cola. Al poseer un ala de gran superficie, proporciona un gran alcance y opera con un cohete de propulsión sólida (Eagle Dynamics, 2004).



Figura 4. Misil Kh-58U. Fuente: Kuzmin, (2016)

TIPO	GUIADO	ALCANCE EFEC.	PESO CABEZA	PESO TOTAL
Media distancia Aire-Superficie	Inercial y pasivo	15-100 km	150 kg	640 kg
EN SERVICIO	VELOCIDAD	OBJETIVOS	PROB. ACIERTO	PRECIO
1982-Presente	> Mach 3	Radares SAM Dispara y olvida	0,7-0,92	450.000 \$

Tabla 1. Principales características Kh-58U. Fuente: Elaboración propia

- Kh-31P. Designación OTAN AS-17 Krypton.

El Kh-31P (Figura 5) entró en servicio a finales de los años ochenta mejorando el alcance y prestaciones (Tabla 2) del Kh-58U. No obstante, aunque son similares, ambos siguen en activo debido a la diferencia de precio, velocidad y probabilidad de acierto.

Dependiendo del tipo de objetivo a batir puede interesar emplear uno u otro, teniendo en cuenta que el precio unitario difiere considerablemente. Además el funcionamiento es diferente, mientras que el Kh-58U emplea un cohete de propulsión sólida, el Kh-31P está equipado con un motor estatorreactor 31DPK que funciona con combustible líquido, lo que

⁴ SEAD. Supresión de defensas aéreas enemigas.



hace que sea más maniobrable pero menos estable y más complejo que el Kh-58U. Debido a la gran velocidad de vuelo, su recubrimiento exterior no está pintado, ya que acabaría desprendiéndose (Kirill, 2022).



Figura 5. Misil Kh-31P bajo ala de caza Su-35S involucrado en el conflicto Rusia-Ucrania. Fuente: Kirill, (2022)

TIPO	GUIADO	ALCANCE EFEC.	PESO CABEZA	PESO TOTAL
Media distancia Aire-Superficie	Inercial y pasivo	15-110 km	87 kg	600 kg
EN SERVICIO	VELOCIDAD	OBJETIVOS	PROB. ACIERTO	PRECIO
1988-Presente	> Mach 3,5	Radares SAM Dispara y olvida	0,7-0,99	550.000 \$

Tabla 2. Principales características Kh-31P. Fuente: Elaboración propia

- PLATAFORMAS DE LANZAMIENTO RUSAS.

Por norma general estos misiles suelen ser lanzados desde una aeronave, puesto que si son lanzados desde un buque o una plataforma terrestre, su alcance se ve reducido considerablemente. Por lo tanto, teniendo en cuenta esto y que el mayor peligro reside en la frontera este de Europa donde se encuentran tropas españolas, se puede considerar que en caso de que nuestra AAA se viese amenazada, muy probablemente las plataformas de lanzamiento que se emplearían serían aeronaves.

La Fuerza Aérea rusa cuenta con un elevado número de diferentes aeronaves, la mayoría de ellas heredadas de la antigua Unión Soviética, lo cual hace que la interoperabilidad entre sistemas sea muy compleja.

Esta debilidad puede apreciarse a la hora de operar con diferentes misiles. Mientras que otros Estados como Estados Unidos o incluso China han ido renovando su aviación en las últimas décadas, Rusia no ha sido capaz de hacerlo de forma efectiva y depende mucho de las existencias previas al fin de la Guerra Fría. Por este motivo, misiles más antiguos como el Kh-58U pueden ser lanzados por aeronaves más antiguas como el caza Su-22, el Su-25 o el Su-30 pero no por las aeronaves de última generación.

Esto hace que misiles con capacidades similares, en muchas ocasiones, no puedan ser operables por las mismas plataformas. A continuación se analizarán las dos plataformas aéreas más modernas que pueden operar con ambos misiles.



- Sukhoi SU-35S (Figura 6). Designación OTAN Flanker-M.

Es una variante mejorada del Su-27 y es considerado uno de los aviones de combate avanzados y capaces de la Fuerza Aérea rusa (Tabla 3). Puede realizar misiones de superioridad aérea, intercepción, ataque a tierra y escolta de bombarderos estratégicos. Es un caza supersónico multipropósito y monoplaza de generación 4++ que puede superar Mach 2, tiene un techo de vuelo de alrededor de 18.000 metros y presenta una RCS⁵ muy reducida (Rozin, 2022).



Figura 6. Caza SU-35S durante unas maniobras en la Región Militar oriental. Fuente: Ministerio de Defensa de la Federación Rusa (2017)

PRIMER VUELO	ARMAMENTO	GENERACIÓN	VELOCIDAD MAX.	PRECIO
2008	aire-aire aire-tierra	4++	2500 Km/h	70-85 millones \$
ALCANCE VUELO	ALTURA MAX.	MANIOBRABILIDAD	RCS	AVIÓNICA
3600 km	18 km	Alta	Bajo	Muy avanzada

Tabla 3. Principales características SU-35S. Fuente: Elaboración propia

- Mikoyan MiG-31BM. Designación OTAN Foxhound.

El Mikoyan⁶ MiG-31BM (Figura 7) (Tabla 4) es una versión modernizada del interceptor de alta velocidad MiG-31. Esta variante ha experimentado mejoras significativas en aviónica, armamento y capacidades operativas con respecto a sus versiones predecesoras. Esta modernización, probada en numerosos combates, ha ofrecido muy buenos resultados gracias a sus prestaciones y polivalencia. (Millitary Today, s.f.).

Se trata de una aeronave biplaza diseñada para la interceptación aérea y la escolta de bombarderos en sus misiones extraterritoriales o muy retiradas de sus bases de origen, y a pesar de que su primera versión comenzó a operar a finales de los setenta, sigue siendo una aeronave extraordinaria que está causando estragos en el conflicto ruso-ucraniano.

⁵ RCS. Sección transversal de radar. Relacionado con la detectabilidad.

⁶ Mikoyan. Empresa muy conocida por su experiencia en la fabricación de aviones de combate.



Figura 7. Caza MiG-31BM armado con cuatro misiles HARM tipo Kh-31P. Fuente: Santana (2023)

PRIMER VUELO	ARMAMENTO	GENERACIÓN	VELOCIDAD MAX.	PRECIO
1975	aire-aire aire-tierra	4	3000 Km/h	55-60 millones \$
ALCANCE VUELO	ALTURA MAX.	MANIOBRABILIDAD	RCS	AVIÓNICA
2400 km	20,6 km	Media	Bajo	Avanzada

Tabla 4. Principales características MiG-31BM. Fuente: Elaboración propia

3.4.2. REPÚBLICA POPULAR DE CHINA

En las últimas décadas la República Popular de China ha invertido considerablemente en la modernización y expansión de sus fuerzas armadas, especialmente en su capacidad aérea y naval. Ha conseguido proyectar su poder a larga distancia permitiéndole operar en áreas más allá de su entorno. Además, China ha adquirido y desarrollado una amplia variedad de sistemas avanzados que incluyen aeronaves de última generación y misiles supersónicos.

A nivel bilateral, el Estado español ha gozado de una relación amistosa con la República Popular de China desde que se establecieron relaciones diplomáticas en el año 1973, pero en el contexto geopolítico global de creciente assertividad china en el exterior, no es descartable que Beijing pudiese emprender acciones bélicas en el futuro que afectasen a España, por lo que es conveniente estudiar su ejército.

A grandes rasgos, el Ejército Popular de Liberación (EPL) cuenta con alrededor de dos millones trescientos mil efectivos contando con personal en activo y en reserva (Figura 8). Cabe destacar que el EPL cuenta con una distribución distinta a la del Ejército español, ya que se divide en cuatro Fuerzas. A las tres habituales, se suma la Fuerza de Misiles del EPL con el objetivo de controlar los misiles estratégicos nucleares y convencionales del país.

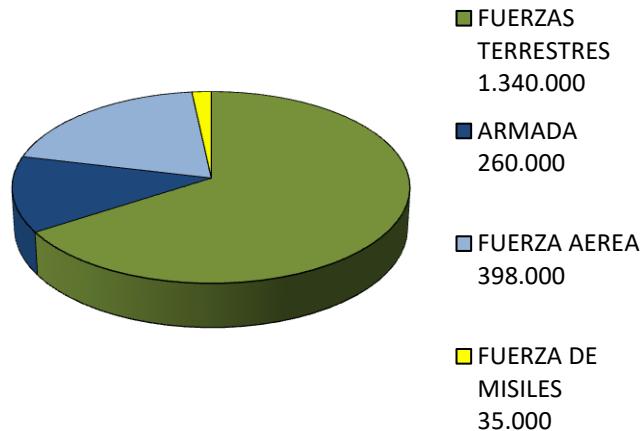


Figura 8. Distribución de personal del EPL. Fuente: Elaboración propia a partir del servicio de investigación del Congreso de EE.UU y BBC

- MISILES HARM CHINOS

Como se ha mencionado anteriormente, el desarrollo del EPL ha sido reciente. Hasta hace poco dependía en gran medida de la Federación de Rusia en todo lo concerniente al desarrollo militar. Por este motivo parte de su arsenal es similar al de su vecino. No obstante, esta dependencia ha ido en detrimento al mismo ritmo que la economía y sociedad china ha ido en aumento, hasta llegar a la actual situación, en la cual la colaboración en desarrollo militar es más intelectual que práctica. Teniendo en cuenta esto, el hermetismo informativo del país asiático y el hecho de que no ha participado en conflictos a gran escala en los que se pueda estudiar su arsenal desde los años sesenta, es difícil conocer la variedad de este.

En lo que respecta a misiles HARM, el país asiático tiene su propia versión. Se trata del YJ-91.

- YJ-91 (Figura 9). Designación OTAN Eagle Strike-91.

Se trata de un misil de crucero⁷ aire-tierra antirradiación producido íntegramente en la República Popular China. Debido a su anterior dependencia de la Federación Rusa es un derivado de la variante, anteriormente citada, Kh-31P (GlobalSecurity.org, 2022). Como en la mayoría de estos misiles, puede ser lanzado desde diferentes plataformas, como avión, barco o incluso vehículo terrestre, aunque lo más habitual es desde un avión. Tiene un alcance relativamente corto y es conocido por su alta velocidad (Tabla 5).

Con el paso de los años se han ido desarrollando variantes del YJ-91, como es el caso del YJ-91K, que mejora en precisión y capacidad de evasión a su predecesor, pero sin grandes innovaciones.

⁷ Misil de Crucero. Tipo de arma guiada autopropulsada diseñada para volar a larga distancia y a altitudes bajas y seguir una trayectoria.



Figura 9. Misil YJ-91 en exposición. Fuente: GlobalSecurity.org (2022)

TIPO	GUIADO	ALCANCE EFEC.	PESO CABEZA	PESO TOTAL
Media distancia Aire-Superficie	Inercial y pasivo	40-150 km	90 kg	600 kg
EN SERVICIO	VELOCIDAD	OBJETIVOS	PROB. ACIERTO	PRECIO
2007-Presente	3,5	Radares SAM Dispara y olvida	0,8-0,99	500.000-600.000 \$

Tabla 5. Principales características YJ-91. Fuente: Elaboración propia

• PLATAFORMAS DE LANZAMIENTO CHINAS

El mayor avance y desarrollo que ha experimentado el EPL ha sido en este ámbito. No solo ha experimentado una increíble evolución en aeronaves, también lo ha hecho en todo tipo de plataformas de lanzamiento como pueden ser buques de guerra, portaaviones e incluso plataformas de lanzamiento terrestres para misiles intercontinentales, hasta tal punto que en la actualidad llega a competir con el que hasta la fecha ha sido la potencia mundial en este aspecto, el Ejército de los Estados Unidos.

Para el estudio de las amenazas que podrían afectar a la AAA española se van a analizar las principales plataformas aéreas que pueden portar el misil YJ-91, ya que ante un hipotético conflicto donde se viesen involucrados ambos Estados, sería en territorio de terceros debido a la situación geoestratégica de ambos y en ese caso la principal herramienta para neutralizar la AAA sería el empleo de misiles aire-tierra.

Las aeronaves en dotación en el EPL, al contrario de lo que sucede en la Federación de Rusia, son aeronaves modernas con pocos años de servicio y de última generación.

- Shenyang J-15 “Flying Shark”. Denominación OTAN Flanker-X2

El Shenyang J-15 (Figura 10), fabricado por la empresa estatal *Shenyang Aircraft Corporation*⁸, es un caza naval de fabricación china que se desarrolló a partir del caza ruso

⁸ Shenyang Aircraft Corporation. Empresa estatal china fabricante de aeronaves militares y civiles situada en la ciudad de Shenyang.



Sukhoi Su-33 y es el principal avión de combate utilizado por la Armada del EPL en sus portaaviones, de ahí su importancia como sujeto de estudio (Tabla 6). Aparte, este caza se encuentra entre los diez cazas más veloces del planeta.

En su origen, se adquirió a través de una serie de acuerdos y transferencias a través de ambos Estados (Federación de Rusia y República Popular de China) y significativamente, a principios del milenio, China adquirió una serie de Su-33 a través de Ucrania para poder desarrollar su propia aeronave sin consentimiento ruso: «No parece hayan servido de mucho las protestas del gobierno ruso en defensa de la propiedad de sus empresas. Como se ha visto, todo el programa aeronaval chino parece un claro ejemplo de lo que eufemísticamente se denomina *ingeniería inversa*⁹» (Hernando Díaz, 2016, p. 356).



Figura 10. Shenyang J-15 aterrizando en portaviones. Fuente: Wang, (2022)

PRIMER VUELO	ARMAMENTO	GENERACIÓN	VELOCIDAD MAX.	PRECIO
2009	aire-aire aire-tierra	4+	2551 Km/h	61 millones \$
ALCANCE VUELO	ALTURA MAX.	MANIOBRABILIDAD	RCS	AVIÓNICA
3500 km	20 km	Muy alta	Bajo	Muy avanzada

Tabla 6. Principales características J-15. Fuente: Elaboración propia

- Shenyang J-16. Designación OTAN Flanker-B+

El Shenyang J-16 (Figura 11), también fabricado por la misma empresa estatal que el J-15, es un avión de combate multifuncional capaz de realizar una gran variedad de misiones, incluyendo ataques aire-tierra, superioridad aérea y supresión de defensas aéreas enemigas. Además puede llevar a cabo misiones de bombardeo y ataque con misiles.

Esta aeronave es una variante avanzada del Shenyang J-11, que a su vez es una versión china del caza ruso Sukhoi Su-27, volviendo a apuntar a la posible *ingeniería inversa* llevada a cabo por la RPC. No obstante se trata de una aeronave bastante superior a sus homónimos rusos, ya que está construida con un mayor porcentaje de

⁹ Ingeniería inversa. Proceso llevado a cabo con el objetivo de obtener información o un diseño a partir de un producto. Dirección opuesta a las tareas habituales de ingeniería.



materiales compuestos, materiales RAM¹⁰ para reducir su firma RCS y motores de desarrollo nacional. En términos de capacidades (Tabla 7), es muy similar al F-15E estadounidense, el cual estaría llamado a ser su competidor (McLaren, 2020).



Figura 11. Shenyang J-16 en vuelo portando diferentes municiones. Fuente: McLaren, (2020)

PRIMER VUELO	ARMAMENTO	GENERACIÓN	VELOCIDAD MAX.	PRECIO
2011	aire-aire aire-tierra aire-agua	4++	2470 Km/h	65-75 millones \$
ALCANCE VUELO	ALTURA MAX.	MANIOBRABILIDAD	RCS	AVIÓNICA
3000 km	20 km	Muy alta	Muy bajo	Muy avanzada

Tabla 7. Principales características Shenyang J-16. Fuente: Elaboración propia

3.4.3. REINO DE MARRUECOS

Aunque las relaciones entre el Reino alauí y España se basan oficialmente en la cooperación y la colaboración, existen factores que pueden dar lugar a preocupaciones sobre Marruecos como una potencial amenaza para España. Estos factores incluyen contenciosos sobre cuestiones territoriales, migratorias, de seguridad, y desafíos regionales (caso de Ceuta, Melilla e Islas Canarias), así como el conflicto sobre el Sáhara Occidental.

En el marco geopolítico, el Reino de Marruecos está calificado por la OTAN como un socio estratégico clave, mientras que España es miembro de dicha organización desde el año 1982 y está integrada en su estructura militar desde el año 1999.

El hecho de que ambos Estados estén íntimamente ligados a los mismos organismos internacionales, hace que sus sistemas de armas sean similares, por ejemplo en el caso de misiles HARM y aeronaves. Ambos países adquieren material bélico a grandes potencias occidentales, por lo cual es relativamente sencillo conocer el arsenal y los sistemas de armas que opera el otro.

Las Fuerzas Armadas del Reino de Marruecos (FARM) (Figura 12) tienen una organización similar a las Fuerzas Armadas de España, estando formadas por el Ejército Real (Ejército de Tierra), la Real Fuerza Aérea (Ejército del Aire y del Espacio), la Marina Real

¹⁰ Materiales RAM. Material absorbente de RADAR apto para aeronaves o aplicaciones navales.



(Armada), la Guardia Real y la Gendarmería Real (con funciones policiales y de mantenimiento del orden público). Las FARM, a día de hoy cuentan con cuatrocientos mil militares en activo.

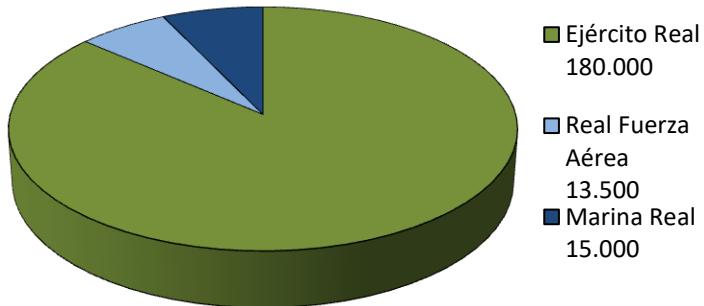


Figura 12. Distribución de personal de las FARM. Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que para la realización de la Figura 12 no se ha tenido en cuenta la inclusión de la Guardia Real y la Gendarmería Real, al ser consideradas ramas de las FARM con función policial.

Las FARM están haciendo un gran esfuerzo para modernizarse y en los últimos años han adquirido material moderno, especialmente en el ámbito aéreo y naval. No obstante sigue siendo una fuerza militar poco significativa, si se compara con países occidentales, con material prácticamente en desuso y muy antiguo y con personal muy joven y fundamentalmente terrestre.

- MISILES HARM MARROQUÍES
 - AGM-88 HARM

Marruecos solo cuenta con un tipo de misil antirradiación, de fabricación estadounidense y muy extendido en Occidente. España, entre otros, también es usuario de este tipo de misil. También se ha podido observar su empleo en el conflicto ruso-ucraniano con escasos resultados, ya que es relativamente sencillo de destruir con una defensa antiaérea capaz.

Se trata de un misil únicamente aire-tierra diseñado para la supresión y destrucción de sistemas de defensa aérea enemigos que utilicen radares de emisión de radio.

El AGM-88 HARM (Figura 13) fue desarrollado en los Estados Unidos y ha sido ampliamente utilizado por las fuerzas armadas estadounidenses y aliadas desde su introducción en la década de 1980. Está diseñado para buscar, identificar y atacar radares enemigos, estaciones de radar de defensa aérea y otras fuentes de emisiones de radio que puedan ser utilizadas para guiar sistemas de defensa aérea o de misiles tierra-aire (Department of Defense, 2018).

Desde su introducción se han ido desarrollando nuevas versiones, siendo la última y más avanzada la versión AGM-88E HARM.



Figura 13. Misil AGM-88 HARM montado en aeronave. Fuente: Department of Defense (2018)

TIPO	GUIADO	ALCANCE EFEC.	PESO CABEZA	PESO TOTAL
Media distancia Aire-Superficie	GPS y radar activo	20-106 km	66 kg	355 kg
EN SERVICIO	VELOCIDAD	OBJETIVOS	PROB. ACIERTO	PRECIO
1985-Presente	3,5	Radares SAM Dispara y olvida	0,8-0,99	284.000-870.000 \$ Según variante

Tabla 8. Principales características AGM-88. Fuente: Elaboración propia

• PLATAFORMAS DE LANZAMIENTO MARROQUÍES

Empujada por las tensiones territoriales que actualmente está afrontando el Reino de Marruecos, la aviación militar marroquí se encuentra en pleno proceso de renovación y ya ha adquirido algunas aeronaves tipo caza de última generación. No obstante, actualmente, de las alrededor de 90 aeronaves que dispone las FARM, 26 son cazas F-16 de origen estadounidense que con el paso del tiempo han ido actualizando. No son aeronaves de última generación, pero son aeronaves fiables, asentadas en la cadena logística marroquí y puestas a prueba en numerosos conflictos, por lo que a pesar de sus carencias, son aeronaves a tener muy en cuenta.

- F-16 FIGHTING FALCON

El F-16 *Fighting Falcon* (Figura 14), también conocido como *Viper*, es un caza monomotor multipropósito desarrollado por la empresa estadounidense General Dynamics (ahora *Lockheed Martin*) en la década de 1970. A lo largo de los años, el F-16 se ha convertido en uno de los cazas más populares y utilizados en el mundo (García, 2020).

El desarrollo de esta aeronave comenzó como un proyecto de caza ligero y ágil con la misión de complementar a cazas más pesados y costosos como el F-15. Es altamente maniobrable y capaz de realizar una gran variedad de misiones, desde combate aire-aire a combate aire-tierra (Tabla 9). Con el paso de los años se han ido desarrollando numerosas variantes de esta aeronave pudiendo portar una gran variedad de armamento.



Se trata de uno de los cazas más exportados a lo largo de la historia debido a su buen rendimiento en numerosos conflictos.



Figura 14. F-16 marroquí en vuelo. Fuente: García (2020)

PRIMER VUELO	ARMAMENTO	GENERACIÓN	VELOCIDAD MAX.	PRECIO
1974	aire-aire aire-tierra	4	2414 Km/h	60-108 millones \$ Según variante
ALCANCE VUELO	ALTURA MAX.	MANIOBRABILIDAD	RCS	AVIÓNICA
3222 km	15,24 km	Muy alta	Medio	Avanzada

Tabla 9. Principales características F-16. Fuente: Elaboración propia



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.

4.1. ANÁLISIS DE SISTEMAS RADAR DE LA AAA ESPAÑOLA

En este apartado se estudiarán y analizarán los sistemas radar con los que actualmente cuenta la AAA española. Hay que tener en cuenta que el objetivo principal de este análisis es obtener información relevante que permita combatir de forma eficiente las amenazas que se han estudiado. Por lo tanto, a pesar de formar parte de la AAA, la dirección de tiro Skydor no será objeto de estudio al tratarse de un sistema cañón 35/90¹¹, especialmente diseñada para combatir aeronaves a baja y muy baja cota.

Teniendo en cuenta esto, los radares que son de interés de estudio y que están actualmente en servicio, son los siguientes: RAC 3-D (Figura 15), AN/MPQ-64F1 *Sentinel* (Figura 16), AN/MPQ-53 *Patriot* (Figura 17), CWAR (Figura 18), PAR (Figura 19) y Lanza 3D (Figura 20). Cabe destacar que el radar Lanza Banda D pertenece al Ejército del Aire y del Espacio, pero es de vital importancia para la AAA ya que cubre grandes espacios, sobre todo en territorio nacional, y nutre de trazas a los sistemas inferiores.

- RAC 3-D

Se trata de un radar de exploración en tres dimensiones fabricado por la empresa francesa Thomson-CSF. Este radar proporciona datos en distancia, azimut y altura, y detecta objetos a media, baja y muy baja altura. Puede interoperar con niveles superiores como el Sistema de Defensa Aérea (ADS).

La característica más notable de este sensor radica en su impresionante capacidad de detección, la cual se extiende hasta un alcance de 100 km (Tabla 10). Además, es importante resaltar que, a diferencia de otros sistemas de radar, no requiere instalarse en la ubicación más elevada del terreno, ya que su mástil le permite adaptarse a distintas alturas y ubicaciones (MADOC, 2017).

Otro factor importante a considerar es la nivelación del terreno en el que se instala, ya que si no está correctamente nivelado, durante la elevación de la antena, el centro de gravedad del radar podría verse alterado, lo que podría aumentar el riesgo de volcamiento.



Figura 15. Radar RAC 3-D desplegado. Fuente: Ejército del Aire y del Espacio (2023a)

¹¹ 35/90. Sistema de defensa aérea de doble cañón de 35 mm adquirido por España en 1970 para la defensa contra aeronaves a baja y muy baja cota.



ALCANCE MÁXIMO	POTENCIA	TIEMPO DESPLIEGUE
100 Km	80 kW	20 minu.
INTEGRACION ADS	SEGUIMIENTO	ALTURA
Si	No	13 m

Tabla 10. Principales características del radar RAC 3-D. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2017)

- AN/MPQ-64F1 *Sentinel*

Este es un radar multifunción fabricado por la empresa estadounidense Raytheon Company que posee la capacidad de llevar a cabo diversas operaciones, como la exploración, verificación, adquisición, seguimiento e identificación de objetivos (Tabla 11). Tiene un amplio rango de exploración que cubre 6400 milésimas (360º) en orientación, un alcance de 75 km y puede seguir objetivos en un rango de elevación que va desde -10º hasta 55º. Puede ser transportado de diferentes maneras, ya sea remolcado por un vehículo militar estándar, transportado en aviones del tipo C-130 Hércules o helitransportado en helicópteros con la capacidad del CH-47 Chinook (MADOC, 2009).

Además, este radar tiene la capacidad de clasificar las trazas detectadas en aeronaves de ala fija, aeronaves rotatorias como helicópteros, o vehículos aéreos no tripulados (UAV), dependiendo de su velocidad.



Figura 16. Radar AN/MPQ-64F1 *Sentinel* del RAAA 73. Fuente: Contando Estrelas (2023)

ALCANCE MÁXIMO	POTENCIA	TIEMPO DESPLIEGUE
75 Km	20 kW	15 minu.
INTEGRACION ADS	SEGUIMIENTO	ALTURA
Si	Si	3,55 m

Tabla 11. Principales características del radar AN/AMPQ-64F1 *Sentinel*. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2009)



- AN/MPQ-53 *Patriot*

El radar AN/MPQ-53, que forma parte del sistema de armas *PATRIOT* y es producido por la empresa estadounidense Raytheon Company, desempeña un conjunto de roles cruciales que incluyen la búsqueda, identificación, orientación de misiles y operaciones de guerra electrónica.

El alcance potencial se extiende desde 3 hasta 170 kilómetros, y sus áreas de exploración y seguimiento abarcan 90 y 120 grados, respectivamente (Tabla 12). Además, es un radar tridimensional (3D), lo que significa que brinda mediciones de altitud extremadamente precisas de los objetivos al sistema (Ejército de Tierra, 2021).

El radar AN/MPQ-53 ha sido ampliamente adoptado por diversas fuerzas armadas en todo el mundo como un componente esencial de sus sistemas de defensa antiaérea. Es reconocido por su capacidad para abordar una amplia diversidad de amenazas aéreas y a lo largo del tiempo, se han implementado mejoras y actualizaciones en el sistema *PATRIOT*, lo que ha resultado en la introducción de variantes y versiones mejoradas del radar AN/MPQ-53, manteniéndolo alineado con las amenazas emergentes.



Figura 17. Radar AN/MPQ-53 *PATRIOT* sobre remolque. Fuente: Wolff (s.f.)

ALCANCE MÁXIMO	POTENCIA	TIEMPO DESPLIEGUE
120 Km	450 kW	1 hora
INTEGRACION ADS	SEGUIMIENTO	ALTURA
No	No	5 m

Tabla 12. Principales características del radar AN/MPQ-53 *PATRIOT*. Fuente: Elaboración propia a partir de Ejército de Tierra (2021)

- AN/MPQ-62 CWAR

El término CWAR se refiere a *Continuous Wave Acquisition Radar* en inglés, que se traduce como «Radar de Adquisición de Onda Continua» en español. A diferencia de algunos otros tipos de radares que utilizan pulsos de radar, el CWAR emite una señal de radar continua, esto significa que el radar emite una señal constante (MADOC, 2004a).

El radar CWAR, al tratarse de un radar de baja y muy baja cota, es especialmente adecuado para la detección de blancos de baja velocidad y baja altitud, como aviones enemigos o misiles de crucero. Su capacidad para operar con una señal continua le permite detectar objetivos que se mueven lentamente y hace que sea más difícil su perturbación (Tabla 13).



Figura 18. Radar AN/MPQ-62 CWAR en el RAAA I/74. Fuente: Elaboración propia

ALCANCE MÁXIMO	POTENCIA	TIEMPO DESPLIEGUE
80 Km	20 kW	20 minu.
INTEGRACION ADS	SEGUIMIENTO	ALTURA
No	No	3,15 m

Tabla 13. Principales características del radar CWAR. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2004a)

- AN/MPQ-50 PAR

El Radar de Adquisición de Impulsos (conocido como PAR, por sus siglas en inglés, *Pulse Acquisition Radar*) ha sido diseñado para ofrecer detección de blancos a altitudes medias y altas a la Batería *Hawk*. En conjunto con el radar CWAR, brinda la capacidad de detección de objetivos a la unidad, complementándose mutuamente de manera que cada uno aborda las limitaciones del otro. La efectividad del sistema depende en gran medida de esta rápida y precisa detección de blancos (MADOC, 2004b).

Como su nombre sugiere, emplea el principio de impulsos para su funcionamiento. El procedimiento implica enviar una señal de radiofrecuencia al espacio, la cual, al interactuar con un objetivo y regresar al radar, proporciona datos precisos sobre su distancia y azimut (Tabla 14). La distancia se calcula midiendo el tiempo que tarda la señal en viajar hacia el objetivo, rebotar en él y regresar al radar. Además, el radar puede identificar la presencia de interferencias. Todo esto ocurre a una velocidad impresionante de un barrido cada 3 segundos (MADOC, 2004b).



Figura 19. Radar AN/MPQ-50 PAR en el RAAA I/74. Fuente: Elaboración propia



ALCANCE MÁXIMO	POTENCIA	TIEMPO DESPLIEGUE
120 Km	450 kW	1 hora
INTEGRACION ADS	SEGUIMIENTO	ALTURA
No	No	5 m

Tabla 14. Principales características del radar PAR. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2004b)

- Lanza 3D

El Lanza Banda D o Lanza 3D es un radar de vigilancia tridimensional desarrollado por la empresa española Indra para aplicaciones militares y civiles. Este radar es capaz de realizar la detección y seguimiento de objetivos en tres dimensiones (alcance, azimut y elevación), por lo que puede proporcionar información detallada sobre la posición y altitud de los objetivos detectados (Tabla 15). Por este motivo, y por su largo alcance, se trata de un radar ideal para la vigilancia aérea y la gestión del tráfico aéreo. Actualmente hay tres versiones de Lanza 3D (móvil, fijo y naval) (Indra, 2005).

Debido a sus amplias características y su reducida movilidad, el Lanza 3D se encuentra en dotación en el Ejército del Aire y del Espacio y la Armada, pero no en el Ejército de Tierra (ET). No obstante, el ET se nutre de las trazas que estos radares detectan a través de la correspondiente cadena orgánica y los diferentes sistemas de integración para hacer una correcta correlación del espacio aéreo y así evitar duplicidad y aumentar la eficacia de todo el entramado de gestión aérea, tanto en territorio nacional (TN) como en zonas en las que actualmente se encuentra desplegada la AAA española.



Figura 20. Diferentes versiones del radar Lanza 3D. Fuente: Indra (2005)

ALCANCE MÁXIMO	POTENCIA	TIEMPO DESPLIEGUE
470 Km	5,3 kW	1 hora "solo el móvil"
INTEGRACION ADS	SEGUIMIENTO	ALTURA
Si	Si	9 m

Tabla 15. Principales características radar Lanza 3D. Fuente: Elaboración propia a partir de Indra (2005)

En el Anexo I, se ha llevado a cabo un análisis DAFO individual de los sistemas radar que conforman el arsenal de la Artillería Antiaérea Española. Este análisis tiene como objetivo identificar las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de cada sistema de manera independiente. A través de este proceso, se han destacado los aspectos cruciales que un sistema debe poseer, en consonancia con la naturaleza del estudio en curso.



A partir de la información obtenida en el Anexo I, se ha generado un Gráfico Radar (consultar Figura 21) que abarca todos los sistemas radar previamente analizados. Este proporciona una representación visual que facilita la comparación y el análisis de cada Cada aspecto ha sido evaluado en una escala del cero al diez, en relación con el mismo aspecto en los demás sistemas evaluados, permitiendo una evaluación comparativa integral.

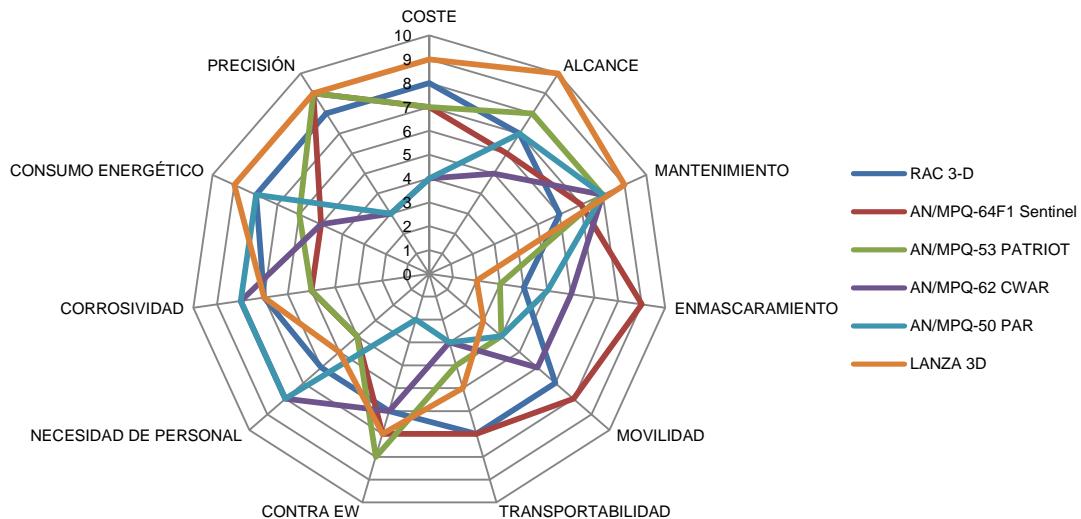


Figura 21. Radar Chart con los principales aspectos identificados de cada radar analizado.

Fuente: Elaboración propia a partir de Anexo I

4.2. PLAN EMCON

El término EMCON proviene de la abreviatura en inglés de *Emission Control*, que traducido al español es «Control de Emisiones». Este término se refiere a un conjunto de medidas y prácticas que deben ser utilizadas, en el ámbito militar, para reducir y controlar la emisión de señales electromagnéticas generadas por los sistemas de comunicación, los radares y otros dispositivos electrónicos. Su objetivo principal es dificultar y minimizar la posible detección e interceptación de estas señales por parte del enemigo.

En la práctica, esto se concreta en la selección de qué componentes deben emitir señales electromagnéticas en momentos específicos y cuáles deben mantenerse en silencio, la asignación de frecuencias de emisión, la liberación de bandas de frecuencia que podrían ser vulnerables, el uso de tácticas de decepción y la coordinación para prevenir el uso redundante de sistemas de radar (MADOC, 2016a).

Los protocolos que gobiernan la implementación de medidas de control de emisiones deben ser activados durante períodos de paz. Esto se debe a que las emisiones electromagnéticas emitidas por las unidades de AAA pueden ser objeto de monitoreo, interceptación y análisis incluso cuando no existen situaciones de crisis o conflictos (MADOC, 2016a, p. 4-8).

En general, las unidades de AAA no deben emitir señales electromagnéticas a menos que sea necesario para detectar y responder a una incursión aérea. Por lo tanto, deben



recibir alertas anticipadas a través de otros medios del sistema de defensa aérea (MADOC, 2016a, p. 4-8).

Se trata de un proceso complejo que implica tomar decisiones estratégicas y que lleva asociado consigo un importante número de documentos, matrices y tablas. Todos de alto grado de confidencialidad, que deben ser revisados cada cierto tiempo.

Llevar a rajatabla el Plan EMCON puede ser la diferencia entre la supervivencia o no de una UDAA, ya que ante las principales amenazas que se identificaron para la AAA, un correcto control de emisiones puede hacer que estas amenazas no alcancen su objetivo. La mayoría de los misiles HARM necesitan una constante recepción de señal para poder actuar con precisión, por lo que en caso de que un radar perciba que se acerca uno de estos misiles, si deja de emitir impedirá que el misil alcance su objetivo con total precisión. Los misiles más avanzados sí que son capaces de situar con mayor precisión la señal, ya que entrelazan la información que obtienen del sensor con la información posicional de sistemas como GPS o GLONASS.

4.3. SEÑUELOS

El empleo de señuelos y métodos de engaño en el arte de la guerra ha sido ampliamente evidenciado a lo largo de la historia por numerosos ejércitos. Desde la Batalla de Cannas (216 a.C.) donde el cartaginés Aníbal hizo que las líneas centrales de su ejército se retiraran para atraer a un cerco a las legiones romanas hasta la famosa Operación *Fortitude* (1944) en la Segunda Guerra Mundial cuando los Aliados crearon unidades ficticias para hacer pensar a los nazis que el desembarco europeo sería en otro lugar abundan los ejemplos. Con esto se quiere hacer énfasis en que la elaboración y simulación con señuelos no es algo reciente. Sin embargo, sí que es reciente el gran avance tecnológico que se ha experimentado en inteligencia y contrainteligencia, empujado por la irrupción de satélites con resoluciones de imagen métrica, acceso generalizado a medios de comunicación, redes sociales, internet en todo el globo, y mucho más. Por este motivo, los señuelos cada vez tienen que ser más realistas y elaborados, al tiempo que adquieren una mayor relevancia.

Donde adquieren una especial importancia, y la experiencia adquirida en los últimos conflictos así lo está reflejando, es en la AAA. Al tratarse de unidades que generalmente disponen de poca movilidad, que suelen adquirir la misión de defensa de zona o defensa de punto, pueden llegar a ser especialmente vulnerables.

Tomando como referencia el conflicto entre Rusia y Ucrania, se puede observar que ambos bandos, especialmente Ucrania, están empleando señuelos para confundir y desgastar al adversario, ya que el uso de señuelos no solo aumenta la probabilidad de supervivencia de una unidad de artillería antiaérea por el simple número de cantidad de despliegues, sino que también hace que el adversario tenga que emplear recursos críticos y costosos como son aviones de combate y misiles HARM, y que por miedo a la pérdida de estos prefiera no asumir el riesgo, haciendo que aumente de esta forma aún más la probabilidad de supervivencia.

Esto se conoce como «grado de atrición», término utilizado en el ámbito militar para referirse al nivel de desgaste, agotamiento o pérdida que una fuerza militar sufre durante el transcurso de un conflicto. Por lo que cuando se emplean señuelos de forma adecuada, el grado de atrición que el adversario debe estar dispuesto a asumir aumenta, ya que tendrá que asumir un mayor riesgo sobre medios críticos como son las aeronaves.

A grandes rasgos, se pueden diferenciar entre dos clases de señuelos: señuelos electromagnéticos y señuelos físicos.



4.3.1. SEÑUELOS ELECTROMAGNÉTICOS.

Los señuelos electromagnéticos (Figura 22 y Figura 23) tratan de engañar o distraer a sistemas de detección y seguimiento del adversario mediante la emisión de ondas electromagnéticas, que pueden ser falsas o simuladas. También están diseñados para confundir al adversario con la ubicación, identificación o características de fuerzas propias.

Dentro de esta clase de señuelos podemos encontrar desde señuelos radar que emiten señales de radar simuladas para que las aeronaves se empeñen en ellos en vez de en los reales hasta señuelos de comunicación que emiten mensajes de voz o datos falsos.

Elaborar este tipo de señuelos no es costoso y obliga al oponente a asumir un alto grado de atrición al tener que emplear más recursos en inteligencia y medios para poder destruirlos o neutralizarlos con el consiguiente desgaste económico y moral que ello puede implicar a largo plazo.

No es de extrañar que en conflictos convencionales surjan empresas oportunistas que se dediquen a fabricar sistemas de radar simulados que incluso llegan a emitir con la misma frecuencia que los originales, se enmascaran del mismo modo y realizan los mismos movimientos, como ya ha sido documentado en varias ocasiones en el conflicto ruso-ucraniano.

No obstante, hacer que estos radares simulados sean realistas, es una tarea ardua puesto que implica poner a su disposición tanto medios como personal que puedan montarlos y moverlos como si de un radar real se tratase, teniendo que aumentar la huella logística y asumiendo ciertos riesgos. A pesar de ello son sumamente rentables teniendo en cuenta que con ellos se aumenta la probabilidad de supervivencia de sistemas radar muy costosos y difíciles de reemplazar.



Figura 22. Imagen de un señuelo radar enmascarado fabricado por la empresa Metinvest en Ucrania. Fuente: Bell y Bairin (2023)



Figura 23. Imagen de un señuelo radar sobre remolque fabricado por la empresa Metinvest en Ucrania. Fuente: Bell y Bairin (2023)



Como se puede observar en las Figuras 23 y 24, ya es complejo deducir que se trate de señuelos a pocos metros. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la forma de localizar estos sistemas es por imagen vía satélite o imagen vía UAV¹², parece difícil llegar a diferenciar entre lo real y lo simulado. Además, se suelen complementar con pequeños grupos electrógenos y motores que simulan la firma térmica y el movimiento, haciendo más compleja si cabe su autenticación.

Otra posibilidad que se está observando es el empleo de radares reales, ya en desuso por su antigüedad y complejidad a la hora de poder interoperar con sistemas más modernos, como señuelo. Es el caso del radar AN/MPQ-50 PAR (ver 3.5.), que por sus numerosos problemas de funcionamiento e interoperabilidad con otros sistemas, es empleado como señuelo en maniobras y ejercicios tácticos en unidades como el RAAA I/74.

4.3.2. SEÑUELOS FÍSICOS.

Los señuelos físicos abarcan un amplio abanico de posibilidades. Pueden ser objetos, vehículos, estructuras o sistemas diseñados para parecerse a objetivos reales. Ejemplos comunes incluyen vehículos inflables que imitan tanques o vehículos blindados, réplicas de edificios o instalaciones militares, y aeronaves no tripuladas utilizadas para distraer al enemigo.

La incorporación de señuelos de esta naturaleza en el despliegue de una UDAA ha adquirido una importancia creciente en las últimas décadas, en virtud de los notables avances en el ámbito de la inteligencia y la vigilancia. En la actualidad, la planificación de operaciones de engaño demanda la ejecución de acciones minuciosas y sumamente realistas, dado que prácticamente cualquier fuerza militar convencional cuenta con una amplia gama de recursos de espionaje y observación a su disposición. Entre estos recursos, cabe mencionar el acceso a sistemas satelitales, vehículos aéreos no tripulados (UAV) y drones equipados con cámaras térmicas e infrarrojas. En consecuencia, la simulación de lanzadores o vehículos por sí sola ya no resulta adecuada ni eficaz.

Este enfoque requiere que la autenticidad del despliegue sea una prioridad en prácticamente todos sus aspectos. Para que el engaño sea efectivo, es necesario asignar personal, aunque en menor medida, que se dedique a simular las operaciones y movimientos de lanzadores y vehículos, si fuese necesario. Además, se deben crear marcas y rastros de vehículos, ya que la presencia de vehículos, incluso si son inflables (suele ser lo habitual), podría ser detectada en imágenes de satélite. Por lo tanto, la simulación de rastros de vehículos es esencial para mantener la credibilidad del despliegue.



Figura 24. Tanques hinchables tipo HIMARS de la empresa checa Infla Tech en el conflicto Rusia-Ucrania. Fuente: Coronel (2023)

¹² UAV. Cualquier vehículo aéreo no tripulado que es controlado por un piloto o mediante un programa informático.



Figura 25. Imagen satélite de marcas de vehículos militares (San Gregorio). Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps

Un aspecto clave es la simulación de una zona de vida, dado que en cualquier despliegue real, el personal encargado del sistema necesita áreas para descansar, comer y mantener su higiene personal. Por lo tanto, es necesario crear un puesto de mando que refleje estas necesidades operativas y de comodidad.

Además, es esencial que todo el despliegue esté cuidadosamente camuflado utilizando redes miméticas para que se asemeje a un despliegue auténtico. No obstante, es importante evitar que la simulación sea demasiado evidente, ya que un exceso de atención podría alertar al adversario. En este sentido, es necesario recordar que el adversario puede estar al tanto de la organización y procedimientos propios, por lo que la simulación debe ser lo suficientemente convincente como para engañar sin despertar sospechas.

Considerando la complejidad de esta tarea, es esencial que la simulación se ajuste adecuadamente al tamaño del despliegue que se pretenda llevar a cabo. Esto implica la necesidad de contar con unidades especializadas cuya única responsabilidad sea la simulación de despliegues, evitando así sobrecargar a las unidades operativas con tareas que no están directamente relacionadas con el combate.

Es importante destacar que en tiempos de paz, la creación de unidades específicas para la simulación de despliegues a menudo no se contempla. Sin embargo, en un escenario de conflicto convencional, esta consideración cobra una importancia crítica. El despliegue estratégico y la capacidad de engaño pueden ser determinantes en la consecución de los objetivos militares, por lo que contar con unidades especializadas en esta función se convierte en una ventaja estratégica significativa. Estas unidades pueden desempeñar un papel crucial en la confusión y el engaño del adversario, lo que, a su vez, puede contribuir a la eficacia de las operaciones militares y a la protección de activos críticos.

4.4. RESULTADOS ENCUESTA

Los resultados de este estudio aportan información esencial para comprender la percepción y experiencia de los individuos con respecto al control de emisiones y la implementación de señuelos en el ámbito militar. Estos hallazgos son de gran relevancia, ya que pueden influir en la toma de decisiones y contribuir a la mejora de futuras operaciones de AAA (ver Anexo II).

Dentro de los resultados obtenidos, es importante destacar varios aspectos. La mayoría de los encuestados concluyó que es crucial disponer de una AAA capaz tanto en



conflictos convencionales como en misiones internacionales. Sin embargo, se observó una menor prioridad en el contexto de operaciones de tipo no convencional en TN, lo que probablemente esté relacionado con la percepción de seguridad vigente en la región ibérica, la ibérica, la reducida probabilidad de conflictos bélicos en el ámbito nacional y el crecimiento notorio de operaciones de AAA ligadas a la OTAN en Europa del Este, lo que sugiere que la principal amenaza podría proceder de esta área y, por consiguiente, se debe concentrar el esfuerzo principal en dicho lugar.

Un gran porcentaje de los encuestados destacó la importancia de un Plan EMCN sólido y la elaboración de señuelos para el éxito de la AAA. Este énfasis se reflejó en la encuesta, colocando el respeto al Plan EMCN en el primer lugar de importancia, por encima de factores críticos como la cadena logística, la integración entre sistemas de armas o el empleo de sistemas de armas modernos. Sorprendentemente, la disponibilidad de sistemas de armas modernos no se consideró una prioridad, ya que obtuvo un nivel de importancia similar al empleo de señuelos.

Un punto de interés adicional es la respuesta de un encuestado en particular a la pregunta número 9, donde se resalta la relevancia de un Plan EMCN adecuado para asegurar la supervivencia electromagnética de las unidades. Esto ejemplifica que, en ocasiones, la eficacia de un sistema de armas moderno no necesariamente se traduce en eficiencia ni eficacia operativa, ya que su cadena logística y sostenibilidad pueden plantear desafíos. La referencia a ejemplos de Ucrania, donde sistemas antiguos se emplean con mayor eficacia y en mayor cantidad que sistemas modernos sin resiliencia, arroja luz sobre este asunto.

En cuanto al empleo de señuelos, se destacó que un alto porcentaje de los encuestados considera que los señuelos electromagnéticos son de mayor relevancia que los señuelos físicos, lo que sugiere una mayor preocupación por la posible destrucción de la AAA debido a armas dirigidas, como los misiles HARM previamente estudiados, en comparación con ataques clásicos, como los bombardeos convencionales.

Es notable que, en vista del impacto de los avances tecnológicos, como los drones y los UAV, un porcentaje significativo de los encuestados considera que el empleo de señuelos adquiere una importancia especial. Esto se debe a la creciente percepción de que estas amenazas tecnológicas desempeñan un papel cada vez más prominente en los conflictos actuales.

Por último, es fundamental destacar el resultado de la pregunta 14, que arroja una perspectiva valiosa. Casi la totalidad de los encuestados compartió la opinión de que en la actualidad, la AAA española no estaría en condiciones de llevar a cabo despliegues reales junto con despliegues señuelo, dada la necesidad de recursos considerables en términos de personal y equipo. En este sentido, la observación de un encuestado en particular enfatizó que la creación de UDAA señuelo convincentes requeriría una cantidad significativa de recursos humanos y materiales, los cuales actualmente no se encuentran disponibles.

Estos hallazgos representan una valiosa contribución al entendimiento de la percepción y la experiencia de los profesionales militares en relación con el control de emisiones y la implementación de señuelos en el ámbito de la AAA. Estos conocimientos pueden ser determinantes para la planificación estratégica y la toma de decisiones futuras en el campo de la AAA, con el objetivo de garantizar su eficacia y supervivencia en entornos de conflictos cada vez más complejos.



4.5. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL EMPLEO DE SEÑUELOS

En el análisis de riesgos (Anexo III) llevado a cabo con la colaboración de expertos en materia del RAAA I/74 (San Roque, Cádiz) podemos identificar cuáles serían los posibles riesgos que se deberían asumir a la hora del empleo de señuelos en el despliegue de una UDAA, su impacto y la probabilidad de que estos pudiesen llegar a producirse.

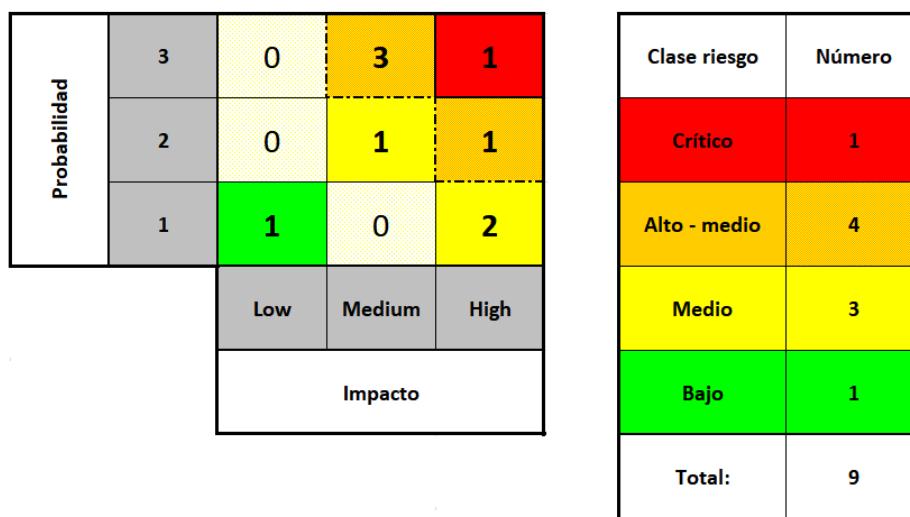


Tabla 16. Resultado análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia (Anexo III)

En la Tabla 16 se puede observar que se han identificado 9 posibles riesgos en el empleo de sueños. Uno de ellos riesgo crítico, cuatro de alto-medio riesgo, tres de medio riesgo y uno de bajo riesgo.

De todos estos riesgos se van a analizar los 3 que se han considerado más relevantes teniendo en cuenta los posibles efectos que podría llegar a producir.

El riesgo más crítico sería revelar tácticas y tecnologías al adversario, ya que en caso de que los señuelos fuesen capturados o detectados, podrían proporcionar información valiosa sobre tácticas y tecnologías y se podría perder la capacidad de engaño utilizada por fuerzas propias haciendo que en futuras operaciones se empleen medios y recursos personales, logísticos y temporales en la elaboración de señuelos que no cumplirán con su cometido. Hay que tener en cuenta que si el adversario detecta o captura un señuelo, podría permitir que este se adapte y contrarrestase las estrategias de engaño, lo que podría comprometer significativamente la ventaja táctica de las fuerzas que empleen los señuelos. Esta revelación podría incluir información sobre la firma electromagnética, térmica, acústica y otros aspectos técnicos, lo que haría que el adversario estuviese mejor preparado para identificar y evitar futuros engaños.

La sobrecarga logística «alto-medio riesgo» es otro riesgo a tener muy en cuenta. No se ha considerado un riesgo crítico por no ser muy probable su suceso, ya que el hecho de que ocurra depende en gran medida del sujeto que emplea el señuelo, teniendo este la capacidad de decisión a la hora de cómo emplear su cadena logística. No obstante, si



llegase a producirse el colapso logístico debido a sobrecarga por el empleo y distribución de señuelos, el resultado sería crítico y podría afectar notablemente a las fuerzas propias y al éxito general de la operación. Si se cataloga la logística de señuelos como secundaria, sobrecargar esta podría llegar a sobrecargar a la primaria, causando retrasos en la entrega de suministros, el desgaste acelerado de recursos, el aumento de costes operativos y la reducción de la efectividad operacional. Por lo tanto, a pesar de no haber sido considerada como una causa crítica por la capacidad de acción que se tiene en su prevención, sus efectos sí serían críticos y por ello debe ser objeto de estudio.

Por último, otra causa digna de análisis es la necesidad de coordinación entre unidades de las fuerzas propias «alto-medio riesgo». A esta causa de riesgo se le ha asignado un impacto medio al no considerarse que pueda tener una gran influencia en el marco de una contienda prolongada en el tiempo, pudiendo ser algo puntual. Sin embargo, se le ha asignado una probabilidad alta de suceso teniendo en cuenta que esta coordinación debe ser ascendente, descendente y paralela con los diferentes escalones de mando, siendo bastante probable que se vea afectada por alguno de ellos. Antes de utilizar señuelos en el despliegue de una UDAA, es esencial que las diferentes unidades y fuerzas involucradas en la operación se coordinen y planifiquen de forma conjunta, lo que implica la cooperación entre la AAA, la aviación, la inteligencia, la logística y otras unidades relevantes, y para que se pueda llevar a cabo es necesaria una comunicación efectiva en tiempo real entre todas estas unidades, con todo lo que ello implica. Por este motivo se ha considerado como una de las causas de riesgo más relevantes en el empleo de señuelos.

4.6. DESPLIEGUE DE UNA UDAA

La composición de las Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA) variará de acuerdo con la misión asignada y la situación táctica, tomando en consideración aspectos como el nivel de protección requerido, la amenaza aérea estimada y las características de la fuerza o el elemento que se está defendiendo.

Las UDAA representan la piedra angular de la estrategia de defensa antiaérea, encarnando los principios fundamentales de esta disciplina. Su estructura se basa en una unidad orgánica de AAA, a la cual se incorporan o se retiran módulos que abarcan capacidades de mando y control, capacidades de fuego, apoyo logístico, comunicaciones e información, protección de la fuerza, entre otros, con el fin de conformar una organización operativa que cumpla con su misión. Estas unidades están debidamente equipadas con todos los recursos necesarios para ejecutar sus tareas.

Las UDAA pueden ser configuradas a partir de unidades orgánicas de tipo grupo o batería. Para garantizar su efectividad, deben contar con los medios de mando y control y de enlace requeridos para integrar los diversos sistemas de armas que las componen, así como para su integración en la estructura de mando de la defensa aérea y, en algunos casos, en la organización operativa terrestre. En situaciones tácticas excepcionales, se podría crear una UDAA a partir de una unidad de menor tamaño que una batería, siempre que esta unidad esté reforzada con los recursos de mando y control y logísticos necesarios (MADOC, 2016a).

Para comprender la esencia del despliegue de una UDAA, es fundamental comenzar por explorar los criterios que rigen dicho despliegue. Estos criterios, entre los cuales se incluyen el apoyo mutuo, el solape de fuegos, la defensa equilibrada, la defensa ponderada, la acción lejana, la acción en profundidad, la acción lateral y la acción frontal (MADOC, 2016a), desempeñan un papel crucial en la toma de decisiones, ya que su aplicación varía en función



de la amenaza en cuestión (ver Anexo IV).

El enfoque de este trabajo se centra en el análisis y estudio del despliegue de una UDAA, con la inclusión de todos los sistemas radar previamente analizados. Además, se considera la implementación de despliegues señuelo a nivel de Batería dentro de esta misma UDAA. Es importante señalar que este estudio se limita a la evaluación de los radares, excluyendo los sistemas de armas. Un análisis más amplio o paralelo sería necesario para abordar la integración de ambos componentes, así como para considerar otros factores como la topografía del terreno, informes de inteligencia y otros elementos relevantes. No obstante, en el contexto de este estudio, se explorarán las capacidades de estos radares al emplear señuelos, específicamente en respuesta a la amenaza planteada por el uso de misiles HARM.

Con el objetivo de proporcionar una representación visual de cómo se llevaría a cabo el despliegue de una UDAA utilizando los sistemas de radar previamente analizados, se ha desarrollado un escenario táctico hipotético. Este escenario tiene como propósito simular una estrategia de defensa de zona en las proximidades de la ciudad de Madrid, centrada en una orientación hacia el este de la Península Ibérica (Figura 26). Este enfoque estratégico se considera el más probable en un conflicto convencional, teniendo en cuenta la identificación de la principal ruta de acción principal y el tipo de amenaza esperada.

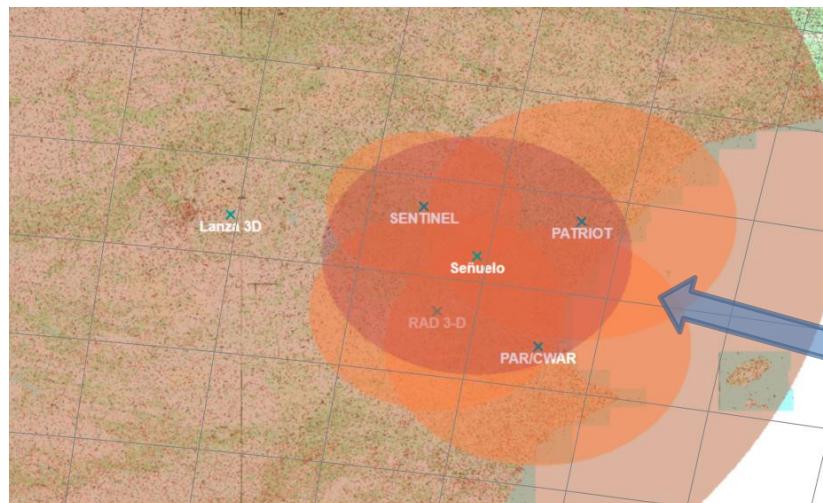


Figura 26. Despliegue de una UDAA en defensa ponderada con señuelo. Fuente: Elaboración propia a partir de Carta Digital

Como se puede apreciar, para que la aeronave del adversario penetre en el sector de cobertura de los sistemas de radar, el señuelo debe mantenerse en una posición más retrasada. Esto implica que, mediante la implementación del Plan EMCON, los radares deben operar en modo pasivo, de manera que no sean detectados hasta que el escalón superior, siguiendo el mismo plan, ordene a los radares activar sus emisiones al detectar un compromiso con el objetivo. En esta configuración, el único radar que debe operar en modo activo, además del señuelo, es el Lanza 3D. Dado su alcance considerable, el Lanza 3D cumple la función de proporcionar una alerta temprana a todos los sistemas, ya que, en la mayoría de los casos, la amenaza estudiada no superará los 150 km de alcance.



Se ha establecido un alcance de 120 km para el señuelo, considerando que es suficiente para que resulte creíble. Además, en numerosas situaciones, como se mencionó previamente, se utilizarán medios en desuso gradual, siendo el PAR, con un alcance máximo de 120 km, el medio disponible en la AAA española más adecuado.

El simple hecho de que el radar Lanza 3D esté emitiendo debería disuadir a cualquier aeronave, ya que ningún misil HARM conocido tiene un alcance suficiente para empeñarlo, y para hacerlo, una aeronave debería penetrar las defensas antiaéreas en una medida considerable, lo cual es prácticamente imposible. Sin embargo, si el adversario considera que es rentable suprimir la posición del señuelo, incluso asumiendo cierto grado de atracción, y se encuentra dentro del alcance del radar Lanza 3D, en ese momento entrarán en juego los demás sistemas de radar que activarán sus emisiones cuando la amenaza se encuentre dentro de su alcance. Esto se hará siguiendo la autoridad de empeño que se les asigne en función del Plan EMCON, y las probabilidades de éxito del adversario serán mínimas.

Es importante destacar que, al llevar a cabo cualquier tipo de despliegue, las variables son numerosas y dependen del terreno, sistemas de armas y amenazas, entre otros factores. No obstante, al considerar únicamente el alcance de los radares, cabe destacar que el terreno y las características geográficas pueden influir en el alcance, pero en cualquier caso, la diferencia entre colocar un radar a cientos de metros de un lugar específico no será significativa, para este estudio, debido a los amplios alcances que estos sistemas poseen

4.7. CONTRAMEDIDAS ACTUALES Y TENDENCIAS

La supresión de una amenaza de misil HARM representa un desafío considerable para la AAA en la actualidad. A pesar de los avances significativos en las últimas décadas, aún no se ha establecido un marco de acción definido que garantice la supervivencia efectiva frente a este tipo de amenazas.

Como contramedidas, la implementación de un riguroso Plan EMCON (si no emites, no te detectan) y el uso de fortificaciones se presentan como las mejores opciones. Sin embargo, estas estrategias no siempre son viables, ya que hay situaciones donde es necesario realizar una búsqueda activa de objetivos y la constante reubicación de los sistemas de armas es esencial para evitar la localización.

Para abordar estas debilidades, se han desarrollado sistemas destinados a dificultar el alcance preciso de los misiles HARM hacia su objetivo. Además, numerosas empresas se encuentran inmersas en la búsqueda de sistemas decisivos para reforzar la defensa antiaérea. Un ejemplo relevante es el desarrollo de tecnologías como los láseres de energía dirigida, liderado por la renombrada empresa estadounidense *Lockheed Martin*. En este contexto, en el presente análisis se examinarán los sistemas disponibles en la actualidad y se explorará la tendencia que parece perfilarse en un futuro próximo.

4.7.1. ACTUALIDAD

Se pueden identificar dos enfoques fundamentales, tanto pasivos como activos, para mitigar la amenaza de los misiles HARM. La estrategia pasiva se centra en la reducción de la firma radar que podría ser detectada por un misil HARM, mientras que la estrategia activa busca perturbar los sensores utilizados por estos misiles.

Es importante destacar que existe una diferencia sustancial entre ambas variantes en



términos de su aplicación y los costes asociados. En el ámbito de las medidas pasivas, se destacan las redes miméticas diseñadas para absorber la radiación en diferentes como el infrarrojo, el ultravioleta y el térmico, según las necesidades específicas. Un notable en este sentido es la empresa Saab y su sistema de red mimética Barracuda, que encuentra en funcionamiento en países nórdicos y ha sido sometido a pruebas en España.

El sistema Barracuda de Saab se presenta en tres modelos, adaptados para plataformas, soldados y unidades. De manera significativa, el sistema diseñado para plataformas (Figura 27) promete reducir la detección en múltiples espectros, incluyendo el ultravioleta, el visible, el infrarrojo cercano, el infrarrojo de onda corta, el infrarrojo térmico y el radar, en hasta un 90% (Saab Automobile, 2021). Esta tecnología se muestra prometedora y ofrece la posibilidad de superar las limitaciones de las redes miméticas actuales. Por lo tanto, se plantea la necesidad de una evaluación exhaustiva de este sistema frente a amenazas de misiles HARM con el fin de obtener conclusiones más sólidas y determinar su eficacia en situaciones reales de combate.



Figura 27. Red Barracuda MCS para plataformas. Fuente: Saab Automobile (2021)

En el contexto de las medidas activas para contrarrestar la amenaza de los misiles HARM, se encuentran sistemas de alta sofisticación y elevado coste, diseñados para perturbar el espectro electromagnético con el objetivo de evitar que la mencionada amenaza alcance su objetivo.

Un ejemplo de esta clase de sistemas es el *Ground Based Radar EA Systems* (Figura 28) desarrollado por la empresa Indra, que promete el control de las emisiones en una zona determinada, lo que posibilita su empleo para engañar y perturbar las capacidades de seguimiento del adversario. Este sistema de gran complejidad ofrece considerables ventajas en un escenario de conflicto convencional.

Sin embargo, es importante destacar que presenta desafíos importantes. En primer lugar, su adopción aumentaría significativamente la huella logística de la fuerza que lo emplea, lo que conlleva desafíos operativos y financieros adicionales. Además, cabe mencionar que aún no ha sido probado en combate real, lo que introduce incertidumbre sobre su efectividad y puede dar lugar a la posibilidad de que una inversión significativa en este sistema no alcance los resultados esperados en situaciones reales de combate.



Figura 28. Sistema "Ground Based Radar EA Systems" de Indra. Fuente: Indra (2020)

4.7.2. TENDENCIAS

Dentro del contexto de las tendencias emergentes en tecnología militar, se observa una convergencia en una dirección clara. Durante años, se ha especulado sobre el desarrollo de armas de energía dirigida tipo láser, una idea que, hasta la fecha, ha permanecido en el ámbito de la especulación y la ficción. Sin embargo, en vista de las nuevas y emergentes amenazas, como drones y misiles hipersónicos, esta tecnología ha adquirido un interés sin precedentes, y tanto empresas privadas como entidades estatales están invirtiendo significativamente en su desarrollo.

El potencial despliegue de sistemas de armas de energía dirigida podría representar un punto de inflexión en la historia militar, transformando por completo el paradigma del combate convencional. Estos sistemas ofrecen la posibilidad de suprimir amenazas extremadamente costosas que, en la actualidad, resultan prácticamente imposibles de interceptar.

Una de las empresas líderes en este sector es la reconocida y ya citada en más de una ocasión *Lockheed Martin*, que está en la vanguardia de la carrera por desarrollar un sistema de armas de energía dirigida en los próximos años. La implementación exitosa de estos sistemas en diversas unidades militares tendría un impacto de vital importancia en su capacidad de supervivencia ante una amplia gama de amenazas aéreas. Esta situación podría impulsar a todos los países a reconsiderar y reestructurar sus fuerzas armadas en consonancia con la nueva realidad estratégica que representa esta tecnología revolucionaria.



Figura 29. Representación de arma de energía dirigida de Lockheed Martin. Fuente: Lockheed Martin (2022)



5. CONCLUSIONES

En el marco del presente Trabajo de Fin de Grado, se han alcanzado varias conclusiones significativas en relación con los objetivos establecidos.

En primer lugar, se estableció como objetivo principal el análisis de las principales amenazas a las que se enfrenta en la actualidad la AAA. Para lograr este análisis de manera rigurosa, se llevaron a cabo objetivos específicos que incluyeron el estudio de las plataformas que pueden proyectar dichas amenazas. Este análisis se benefició de la identificación de países que podrían adoptar potencialmente actitudes agresivas hacia España, lo que permitió acotar las amenazas y facilitó un estudio más detallado y lógico.

Se procedió a un análisis exhaustivo de los sistemas radar que se verían implicados en estas amenazas, lo que proporcionó una base cuantitativa para comprender cómo se desplegaría la AAA en un entorno de amenazas reales.

El concepto del Plan EMCON se exploró a fondo, enfatizando su papel fundamental en la supervivencia de una unidad de AAA cuando se implementa de manera adecuada.

En cuanto a los señuelos, se realizó un análisis completo, identificando diversos tipos y evaluando su impacto en un despliegue, lo que incluyó un análisis de riesgos asociados con su uso, reconociendo que toda actividad conlleva ciertos riesgos.

Además, se definió cómo debe ser un despliegue de AAA, teniendo en cuenta todos los aspectos estudiados y analizados previamente, y se proporcionó un ejemplo práctico.

La encuesta realizada a un grupo significativo de profesionales destinados en el Regimiento de Artillería Antiaérea I/74 (RAAA I/74) arrojó conclusiones valiosas. Se evidenció que, si bien la percepción del uso del Plan EMCON y de señuelos en tiempos de paz no es ampliamente reconocida, en general se considera fundamental para la supervivencia de unidades de AAA.

Se destacó la importancia del control de emisiones y el empleo de señuelos por encima del mero hecho de contar con sistemas de armas modernos. Sin la implementación adecuada de estas estrategias, incluso los sistemas de armas avanzados carecen de eficacia.

Además, se identificaron sistemas potenciales que podrían mejorar la seguridad de un despliegue de una UDAA. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que la efectividad de estos sistemas no ha sido probada en combates reales o, al menos, no se ha documentado su desempeño en tales circunstancias.

En resumen, estas conclusiones subrayan la importancia crítica del control de emisiones y el empleo de señuelos en la supervivencia de estas unidades en situaciones de combate real, y también identifican oportunidades para la mejora de la seguridad en el despliegue de una UDAA.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amor Vicente, A. (s.f.). *Análisis de riesgos en el empleo de señuelos en un conflicto.* Documento no publicado. San Roque, Cádiz: Regimiento de Artillería Antiaérea I/74.
- Bell, M. y Bairin, P. (2023). *Fieles a la realidad, pero sin el elevado precio, ni funcionalidad: así son las armas señuelo que Ucrania quiere que Rusia destruya.* Disponible en: <https://cnnespanol.cnn.com/2023/09/11/guerra-rusia-ucrania-armas-senuelo-relicas-metinvest-trax/> [Consultado 19/10/2023].
- Contando Estrelas (2023). Los misiles que España desplegará en Lituania durante la próxima cumbre de la OTAN en Vilna. Disponible en: <https://www.outono.net/elentir/2023/06/22/los-misiles-que-espana-desplegar%C3%A1-en-lituania-durante-la-pr%C3%B3xima-cumbre-de-la-otan-en-vilna/> [Consultado 4/10/2023].
- Coronel, I. (2023). Tanques hinchables y drones de cartón, los engaños bélicos de Zelenski a la espera del armamento aliado. Disponible en: https://www.televicente.es/noticias/espana/20230429/tanques-hinchables-drones-carton-enganos-zelenski-armamento-guerra-ucrania-aliados-rusia_18_09370718.html [Consultado 22/10/2023].
- Department of Defense. (2018). AGM-88E Advanced Anti-Radiation Guided Missile (AGM-88E AARGM). Disponible en: https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Selected_Acquisition_Reports/FY_2018_SARS/19-F-1098_DOC_56_Navy_AGM-88E_AARGM_SAR_Dec_2018_redacted.pdf [Consultado 5/10/2023].
- Eagle Dynamics (2004). Modern Air Combat. Disponible en: https://www.lockon.ru/upload/iblock/c11/LOMAC_manual_1.1_en.pdf [Consultado 26/09/2023].
- Ejército de Tierra (2021). Sistema Patriot. Disponible en: Https://Ejercito.Defensa.Gob.Es/En/Materiales/Artilleria_antiaerea/PATRIOT.Html. [Consultado 10/10/2023]
- Ejército del Aire y del Espacio (2023a). Ejército del Aire. Disponible en: <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/> [Consultado el 4/10/2023].
- Ejército del Aire y del Espacio (2023b). Ejército del Aire – Aeronaves Armamento. Disponible en: <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/aeronaves/armamento> [Consultado 22/09/2023].
- García, D. (2020). La Real Fuerza Aérea de Marruecos. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3124062/real-fuerza-aerea-marruecos-nuevos-aviones-f-16-armamento-ultima-generacion> [Consultado 18/10/2023].
- GlobalSecurity.org. (2022). YJ-91 / Yingzhe-91 / Eagle Strike 91 Anti-Shipping Missile. Disponible en: <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/yj-91.htm> [Consultado 18/10/2023].
- Hernando Díaz, J. L. (2016). *Análisis de la embarcabilidad de aviones de combate terrestres.* Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.



Indra (2005). Familiar Radar Lanza 3D. Vigilancia en cinco continentes. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/427509129/INDRA-2-pdf> [Consultado 09/10/2023].

Indra (2020). Indra Ground Based Radar EA Systems . Disponible en: https://www.indracompany.com/sites/default/files/indra_ground_based_radar_ea_systems_en_2020.pdf [Consultado 24/10/2023].

Kirill, R. (2022). Misiles anti-radar de la línea Kh-31P. Disponible en: <https://es.topwar.ru/193642-protivoradiolokacionnye-rakety-linejki-h-31p.html> [Consultado 26/09/2023].

Kuzmin, V. (2016). Military-patriotic park Patriot – New photos part 3. Disponible en: <https://www.vitalykuzmin.net/Military/Park-Patriot-New-photos-part3> [Consultado 25/09/2023].

Lockheed Martin (2022). Leading Aerospace and Defense. Disponible en: <https://www.lockheedmartin.com/> [Consultado 24/10/2023].

MacKinlay, A. (2009). El resurgimiento militar de Rusia. Disponible en: <https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/11/ari64-2009-mckinlay-resurgimiento-militar-rusia.pdf> [Consultado 20/10/2023].

MADOC (2004a). Sirvientes del radar de adquisición de onda continua (CWAR) AN/AMPQ-62. Madrid: Ministerio de Defensa.

MADOC (2004b). Sirvientes del radar de adquisición de impulsos (PAR). Madrid: Ministerio de Defensa.

MADOC (2009). Radar del Sistema NASAMS. Madrid: Ministerio de Defensa.

MADOC. (2016a). Empleo de la Artillería Antiaérea (Tomo I). Madrid: Ministerio de Defensa.

MADOC. (2016b). Empleo de la Artillería Antiaérea (Tomo II). Madrid: Ministerio de Defensa.

MADOC (2017). MI-301 Radar RAC-3D del sistema COAAASM. Madrid: Ministerio de Defensa.

Matías, F. (2018). Primer uso en combate del misil antirradiación Kh-58U. Disponible en: <http://analizandoconflictos.com/primer-uso-en-combate-del-misil-antirradiacion-kh-58u> [Consultado 25/09/2023].

McLaren, E. (2020. Caza polivalente Shenyang J-16. FDRA. Disponible en: <http://fdra-aereo.blogspot.com/2020/12/caza-polivalente-shenyang-j-16.html> [Consultado 18/10/2023].

Millitary Today (s.f.). MiG-31BM Multi-Role Fighter. Disponible en: https://www.militarytoday.com/aircraft/mig_31bm.htm [Consultado 27/09/2023].

Ministerio de Defensa de la Federación Rusa (2017). Su-35S de la Región Militar Oriental durante las maniobras en el Krai de Jabárovsk. Disponible en: https://es.mil.ru/es/special_operation/news/more.htm?id=12122660@egNews [Consultado 26/09/2023].

Rozin, I. (2022). Su-35, el caza de Rusia más apto para el combate. Disponible en:



<https://es.rbth.com/technologias/88776-su35-caza-rusia-apto-combate> [Consultado 26/09/2023].

Saab Automobile (2021). Sistema Barracuda. Cuanto más aprende usted, menos saben ellos. Manual. Disponible en: https://www.saab.com/globalassets/markets/brazil/3.-saab-brasil/sitdef-2021/pdf-brochures/handbok-2021-barracuda-low-310821_espanol.pdf [Consultado 24/10/2023].

Santana, S. (2023). O revolucionário Mikoyan Gurevich MiG-31 ‘Foxhound’. Disponible en: <https://www.aereo.jor.br/2023/02/06/o-revolucionario-mikoyan-gurevich-mig-31-foxhound> [Consultado 27/09/2023].

Wang, A. (2022). Los cañones navales chinos "Flying Shark" J-15 parecen dispuestos a abandonar los motores rusos. Disponible en: <https://galaxiamilitar.es/los-cañones-navales-chinos-flying-shark-j-15-parecen-dispuestos-a-abandonar-los-motores-rusos/> [Consultado 17/10/2023].

Wolff, C. (s.f.). Fundamentos de radar - AN/MPQ-53. Disponible en: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/06.missile/karte003.es.html> [Consultado 4/10/2023].

Zona Militar (2022). Hensoldt prueba con éxito su nuevo sistema de contramedidas electrónicas para los Eurofighter alemanes. Disponible en: <https://www.zona-militar.com/2022/07/02/hensoldt-prueba-con-exito-su-nuevo-sistema-de-contramedidas-electronicas-para-los-eurofigther-alemanes> [Consultado 22/09/2023].



ANEXOS

Anexo I. DAFO RADARES

RAC 3-D

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Precio muy elevado • Elevado consumo energético • Dificultad de enmascaramiento • Movilidad limitada 	<ul style="list-style-type: none"> • Rachas de viento elevadas • Perturbación electromagnética • Alta dependencia logística
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Detección en 3-D (proporciona altura) • Alta precisión • Largo alcance • Posibilidad de funcionar de forma continua • Integración con Centro de Operaciones (CO) mediante fibra óptica 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras tecnológicas • Aplicaciones civiles • Exportación a terceros

Tabla 17. DAFO RAC 3-D. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2017)

AN/MPQ-64F1 Sentinel

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Alcance limitado • Altura limitada • Capacidad de detección limitada (objetivos pequeños y furtivos) • Posicionamiento en zonas vulnerables (generalmente cotas) • Mantenimiento elevado • Dependencia de grupo electrógeno externo 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías emergentes • Repuestos limitados • Climas extremos



FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Detección y seguimientos efectivos • Alta movilidad (tierra, mar o aire) • Alta resistencia electrónica (Contra EW) • Compatibilidad con otros sistemas • Tamaño reducido • Fácil enmascaramiento • Necesidad de poco personal para operarlo • Facilidad de despliegue 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras tecnológicas • Integración de sistemas

Tabla 18. DAFO AN/MPQ-64F1 Sentinel. Fuente: Elaboración propia a partir de MADOC (2009)

AN/MPQ-53 PATRIOT

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Coste elevado • Gran tamaño • Peso elevado • Movilidad limitada • Mantenimiento elevado • Difícil enmascaramiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías emergentes • Repuestos limitados • Serias restricciones de exportación • Climas extremos
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Gran versatilidad (detecta y rastrea múltiples tipos de amenazas) • Gran precisión y alcance • Alta resistencia electrónica (Contra EW) • Sistema de defensa aérea integral (respuesta coordinada y eficaz) • Necesidad de poco personal para operarlo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras tecnológicas • Colaboración internacional con aliados

Tabla 19. DAFO AN/MPQ-53 PATRIOT. Fuente: Elaboración propia a partir de Ejército de Tierra (2021)



AN/MPQ-62 CWAR

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Alcance limitado • Altura limitada • Capacidad de detección limitada (Objetivos pequeños y furtivos) • Gran carga logística • Necesidad de elevado número de personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías emergentes • Algunos repuestos extintos • Climas húmedos
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Detección temprana • Movilidad • Fiabilidad (muchos años de servicio) • Difícil perturbación (onda continua) • Muchos repuestos sencillos (repuestos comunes al alcance de cualquiera) • Tamaño reducido • Enmascaramiento medio 	<ul style="list-style-type: none"> • Colaboración internacional con aliados • Posibilidad de empleo como señuelo (en lugar de darlo de baja)

Tabla 20. DAFO AN/MPQ-62 CWAR. Fuente: elaboración propia a partir de información extraída a pie de campo

AN/MPQ-50 PAR

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad limitada • Capacidades de detección limitadas • Necesidad de elevado número de personal • Gran carga logística • Mantenimiento elevado (debido al deterioro) • Debilidad electrónica 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías emergentes • Algunos repuestos limitados • Climas húmedos



FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Rastreo de múltiples objetivos • Detección temprana • Asentado en el plan logístico • Muchos repuestos sencillos (repuestos comunes al alcance de cualquiera) 	<ul style="list-style-type: none"> • Colaboración internacional con aliados • Posibilidad de empleo como señuelo (en lugar de darlo de baja)

Tabla 21. DAFO AN/MPQ-50 PAR. Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída a pie de campo

LANZA 3D

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Coste elevado • Mantenimiento elevado • Consumo de energía elevado • Muy poca movilidad • Difícil enmascaramiento • Peso muy elevado 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías emergentes • Vulnerable ante ataques terrestres (debido a su escasa movilidad) • Climas extremos
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Detección en tres dimensiones • Alta precisión • Gran alcance • Versatilidad (desde detección a larga distancia hasta seguimiento cercano) • Resistencia electrónica • Transportable por mar y tierra (se puede incorporar a buques) • Última generación • Fabricación nacional (no dependencia de terceros) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras tecnológicas • Aplicación civil • Posible exportación a terceros

Tabla 22. DAFO Lanza 3D. Fuente: Elaboración propia a partir de Indra (2005)



ASPECTOS DE ESTUDIO FUNDAMENTALES

Coste: Aspecto fundamental que afecta de forma directa en la adquisición de cualquier sistema y que no solo se limita al precio de compra, sino que también incluye una serie de factores que puede afectar a la adquisición, como puede ser el coste de mantener la cadena logística que acarrea adquirir un nuevo sistema.

Alcance: Se trata de un factor crítico en el análisis de un radar y desempeña un papel fundamental en la efectividad de su uso.

Mantenimiento: Es de vital importancia saber de antemano y poder cuantificar la el mantenimiento necesario de cualquier tipo de material militar, pero más si cabe en sistemas tan complejos, costosos e importantes para cualquier contienda como es un radar.

Enmascaramiento, movilidad, medidas contra EW y necesidad de personal: Para el estudio que se está llevando a cabo se trata de factores muy importantes y a tener muy en cuenta. Probablemente en otro tipo de estudio, estos factores pasarían a un segundo plano, pero para tener en cuenta el control de emisiones y la creación de señuelos, estos factores son iguales o incluso más importantes que el resto.

Transportabilidad: La transportabilidad hace referencia al abanico de medios por los que puede ser transportado dicho sistema. Entre estos medios estaría el helitransporte, barco, avión o en vehículo. Es un factor a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo un despliegue.

Corrosividad: Factor importante y a tener en cuenta, ya que se trata de sistemas que por regla general pasan mucho tiempo a la intemperie y en condiciones climáticas variables.

Consumo de energía: El consumo de energía afecta de forma directa a la cadena logística y a la potencia de emisión, por lo que un mayor consumo de energía emplea más medios y hace más vulnerable al sistema.

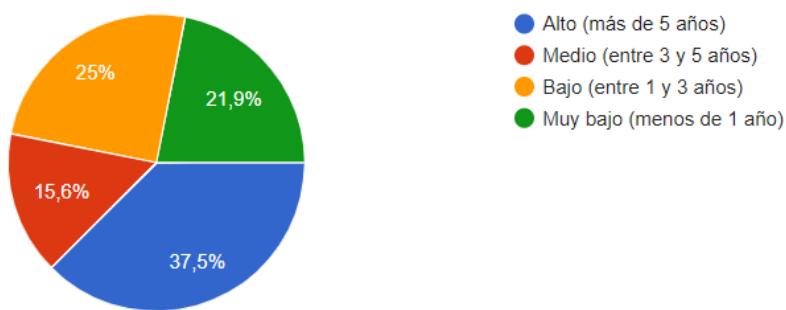
Precisión: Una mayor precisión aumenta de forma lineal la efectividad del sistema de armas al que esté asociado el sistema radar.



Anexo II. ENCUESTA

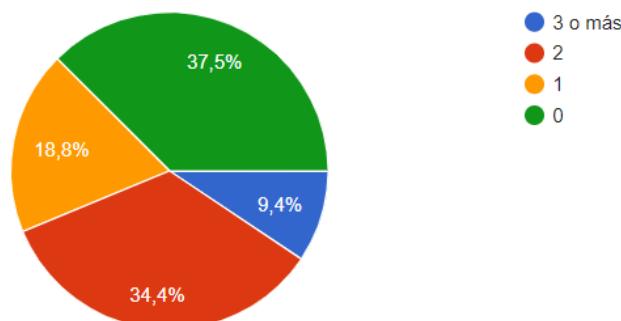
1. ¿Cuál es su nivel de familiaridad con unidades de artillería antiaérea?

32 respuestas



2. ¿Cuántas veces ha desplegado en misiones internacionales ejerciendo cometidos de AAA?

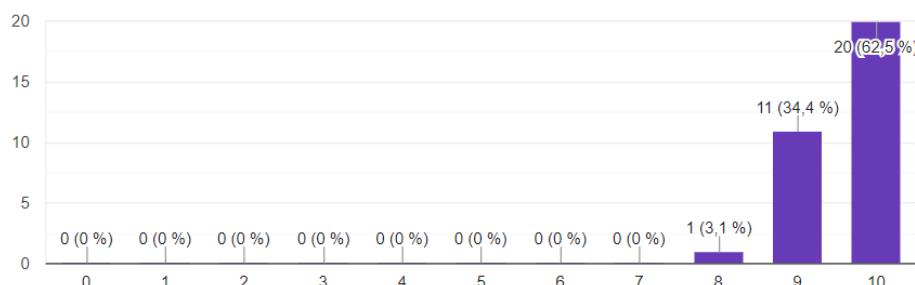
32 respuestas



3. En un conflicto convencional, ¿cómo de crítica considera la necesidad de contar con una artillería antiaérea capaz?

(De 0 a 10, siendo 0 nada importante y 10 muy importante)

32 respuestas

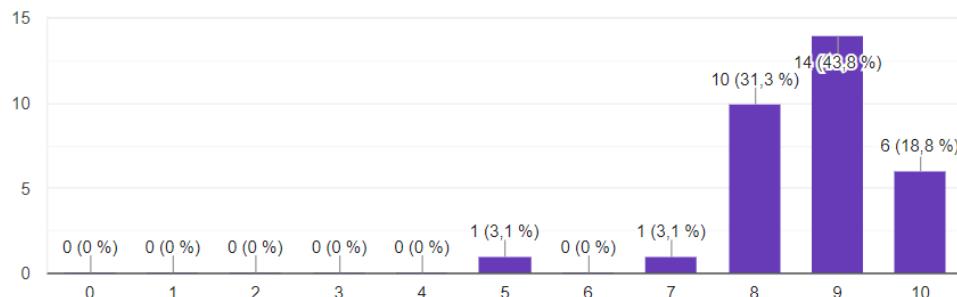




4. En las actuales misiones internacionales, ¿cómo de crítica considera la necesidad de contar con una artillería antiaérea capaz?

(De 0 a 10, siendo 0 nada importante y 10 muy importante)

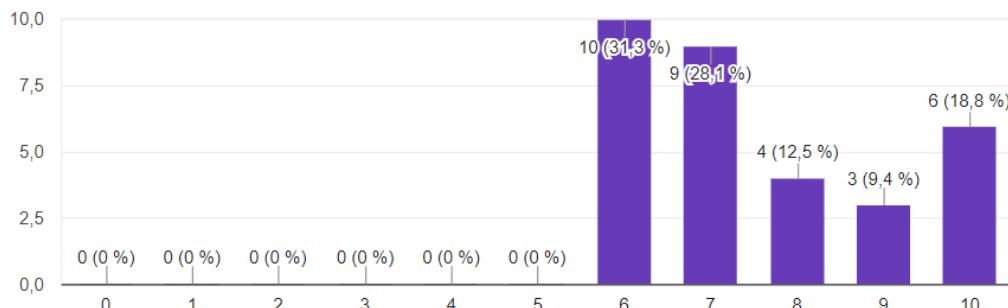
32 respuestas



5. En territorio nacional, ¿cómo de crítica considera la necesidad de contar con una artillería antiaérea capaz?

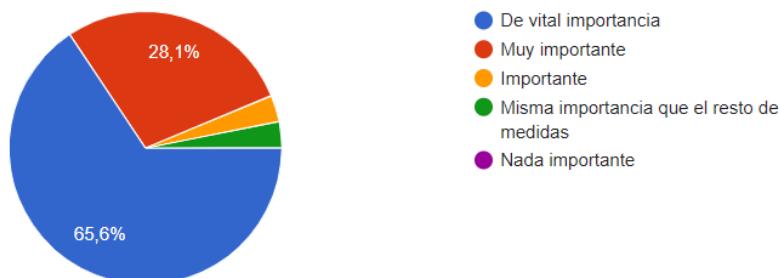
(De 0 a 10, siendo 0 nada importante y 10 muy importante)

32 respuestas



6. Para que dicha AAA sea capaz, ¿cómo de importante considera que sería llevar a cabo un buen Plan EMCON?

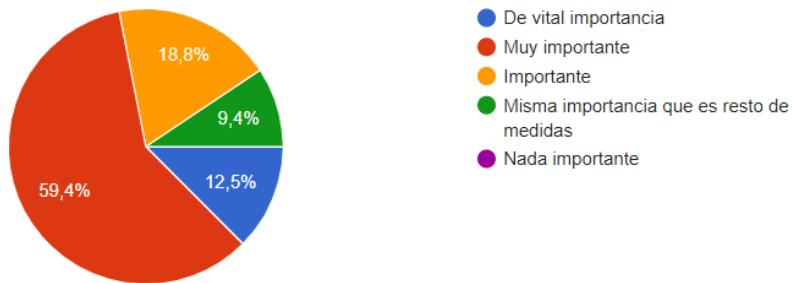
32 respuestas





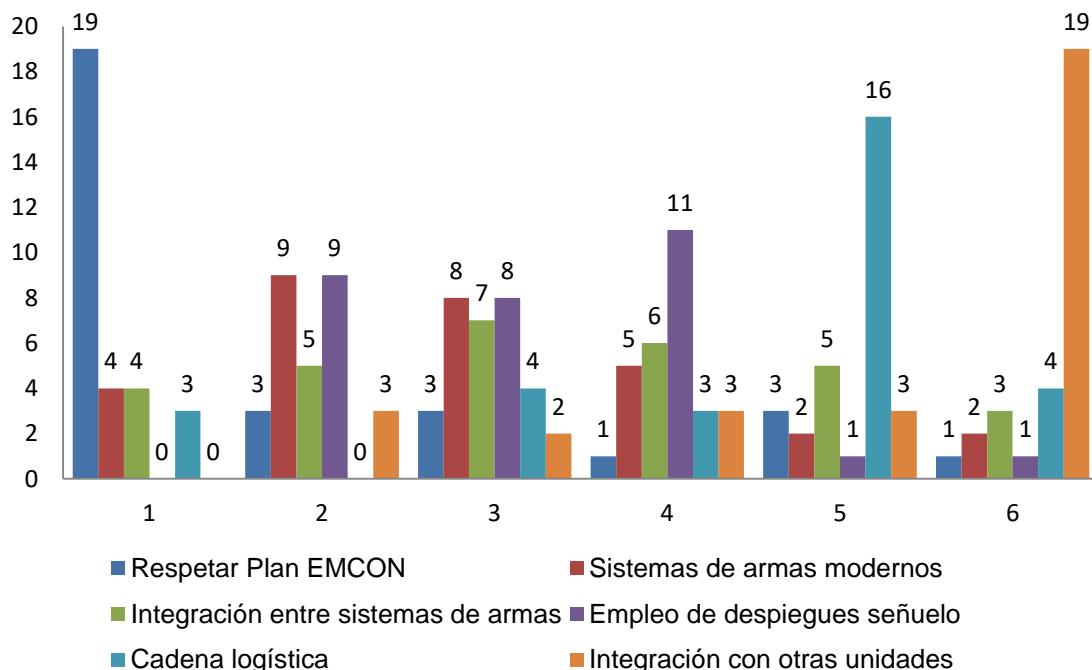
7. ¿Cómo de importante considera que es crear señuelos en el despliegue de una UDAA?

32 respuestas



8. De los siguientes aspectos, si usted estuviese en un conflicto real, ¿a qué le daría más importancia?

(Seleccione 1 más importante, 6 menos importante)



Empleando la siguiente fórmula, podemos saber de forma directa y numérica la importancia que se le ha dado a cada aspecto:

$$Dato = \frac{N^{\circ} \text{ Selecciones en 1 lugar}}{1} + \frac{N^{\circ} \text{ Selecciones en 2 lugar}}{2} + \frac{N^{\circ} \text{ Selecciones en 3 lugar}}{3} + \frac{N^{\circ} \text{ Selecciones en 4 lugar}}{4} + \frac{N^{\circ} \text{ Selecciones en 5 lugar}}{5} + \frac{N^{\circ} \text{ Selecciones en 6 lugar}}{6}$$

Respetar Plan EMCON	22,51
Sistemas de armas modernos	13,15
Integración entre sistemas de armas	11,83
Empleo de despliegues señuelo	10,28
Cadena logística	8,95
Integración con otras unidades	6,68



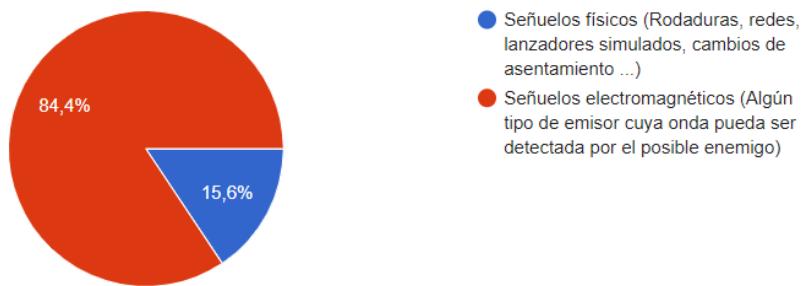
9. Explique brevemente el porqué de su respuesta anterior.

Respuesta encuestado Nº1: Considero de vital importancia aquello que tiene un impacto alto frente a un coste enemigo menor, aquello que es fácil de obtener por parte del enemigo y que a buen seguro utilizarían contra nuestras fuerzas. Un plan EMCON adecuado asegura la supervivencia electromagnética de las unidades. Un sistema de armas moderno no tiene por qué ser símbolo de eficiencia o eficacia, su cadena logística y de sostenimiento puede resultar un problema. En Ucrania se emplean sistemas antiguos con mayor eficacia y en mayor número que sistemas modernos sin resiliencia. La integración con otros sistemas no me parece un concepto a potenciar, está bien si lo tienes pero no lo considero fundamental. No así la integración vertical para asegurar la cadena de mando y control.

Respuesta encuestado Nº2: Sin un correcto Plan EMCON, nuestros sistemas serían fácilmente localizables, por lo que daría igual el sistema de armas que tuviésemos. Por otro lado tanto la cadena logística como la integración cobran una importancia relevante, ya que sin logística e integración con los diferentes sistemas de armas, difícilmente se podría llegar a cumplir los cometidos. Cabe destacar también la importancia de elaborar señuelos, puesto que tras las lecciones aprendidas en el conflicto que se está llevando a cabo en Ucrania, la supervivencia de la AAA está directamente ligada a estos. Es algo que normalmente no se suele tener en cuenta o se suele dejar de lado, pero sin señuelos, es muy probable que te acaben destruyendo.

10. ¿Cuál de los siguientes tipos de señuelos consideraría más importante a la hora de simular un despliegue?

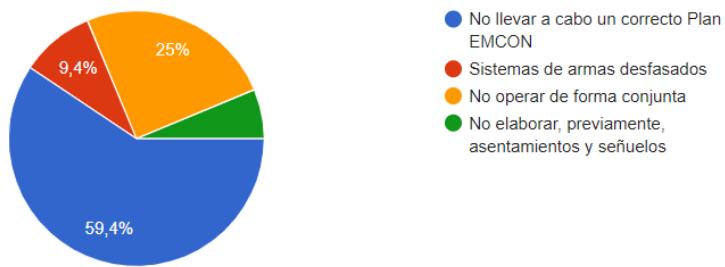
32 respuestas





11. A su parecer, de las siguientes opciones, ¿cuál considera que fue la más relevante en el fracaso inicial de la AAA ucraniana ante la invasión por parte de la Federación Rusa?

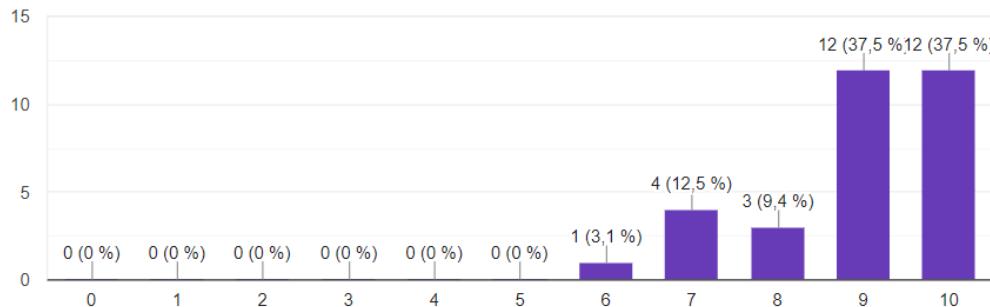
32 respuestas



12. ¿En qué medida cree que la ciberseguridad juega un papel crucial en la protección de las unidades de AAA?

(De 0 a 10, Siendo 0 nada importante y 10 muy importante).

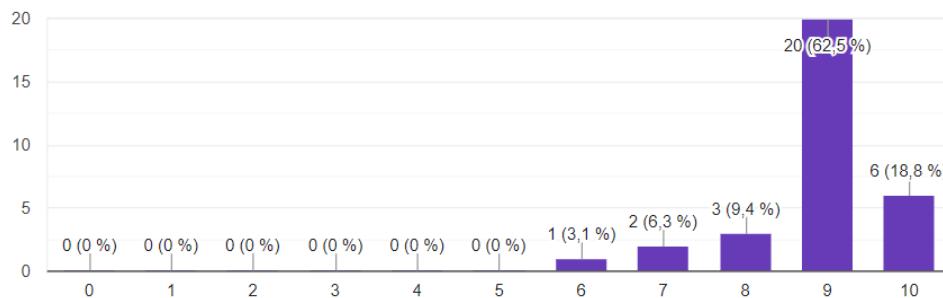
32 respuestas



13. ¿En qué medida cree que el impacto de los avances tecnológicos como mini drones y UAV's hace que cobre una especial relevancia la elaboración de señuelos?

(De 0 a 10, siendo 0 nada importante y 10 muy importante).

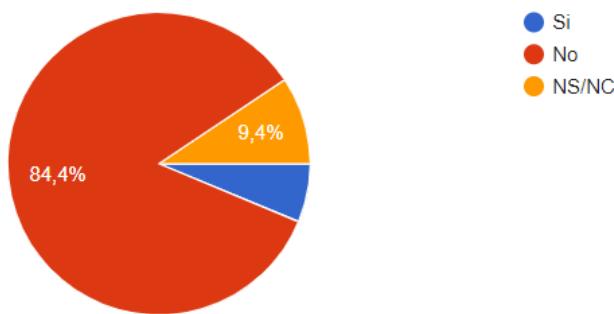
32 respuestas





14. ¿Cree que en la situación actual sería posible hacer frente, de forma logística, a lo que supondría tener que mantener despliegues «reales» y despliegues «señuelo» dentro de una UDAA?

32 respuestas



15. En caso de haber contestado Sí o No en la pregunta anterior, comente brevemente porqué.

Respuesta encuestado Nº1: Para que una UDAA señuelo fuese convincente, esto implicaría una gran cantidad de material y personal, con el que a día de hoy no contamos. En un conflicto real, sería idóneo contar con ello, puesto que de este modo se podrían abarcar zonas más amplias, y el enemigo no sería capaz de asumir tal riesgo.

Respuesta encuestado Nº2: A día de hoy, mantener un esfuerzo operativo sin contar con señuelos ya es difícil, imagine si también hay que nutrir equipos de señuelos.



Anexo III. ANÁLISIS DE RIESGOS

Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos
Sobrecarga de la cadena logística	H	2	2H	Sobrecargar la cadena logística puede tener consecuencias graves y potencialmente desastrosas para las operaciones militares al no poder proveer de municiones y materiales los esfuerzos principales.
Confusión en fuerzas propias	H	1	1H	El uso de señuelos puede llevar a la confusión dentro de las propias filas. Las fuerzas amigas podrían malinterpretar los señuelos como amenazas reales
Relevancia en tácticas y tecnologías	H	3	3H	Si los señuelos son capturados o detectados por el enemigo, podrían proporcionar información valiosa sobre las tácticas, la tecnología y la capacidad de engaño utilizada por las fuerzas amigas.
Recursos desperdiciados	M	2	2M	El despliegue y mantenimiento de señuelos pueden requerir recursos valiosos, como personal, tiempo y equipo. Si no se utilizan estratégicamente, estos recursos podrían desperdiciarse en lugar de ser destinados a objetivos más críticos.
Exposición al enemigo	M	3	3M	Mientras los señuelos atraen la atención del enemigo, pueden quedar expuestos a ataques y ser destruidos. Esto podría resultar en la pérdida de recursos y la revelación de tácticas de engaño.
Daños colaterales	H	1	1H	En algunos casos, los señuelos podrían ser utilizados para atraer ataques del enemigo a áreas específicas. Esto podría aumentar el riesgo de daños colaterales a civiles, bienes protegidos y a infraestructura civil.
Violación de leyes de guerra	L	1	1L	El uso indebido de señuelos que causen daño innecesario a civiles o bienes protegidos podría ser considerado una violación del derecho internacional humanitario y de las leyes de guerra.
Necesidad de coordinación	M	3	3M	El uso efectivo de señuelos requiere una coordinación precisa con otras unidades y elementos de las fuerzas armadas. Si no se ejecuta correctamente, los señuelos podrían no lograr su propósito y, en cambio, crear confusión en lugar de ventaja táctica.
Adaptación del enemigo	M	3	3M	Si el enemigo detecta y comprende el uso de señuelos, es probable que adapte sus tácticas y estrategias para contrarrestarlos, disminuyendo su efectividad con el tiempo.

Tabla 23. Análisis de riesgos en el empleo de señuelos en un conflicto. Fuente: Amor Vicente (s.f)



Anexo IV. CRITERIOS DE DESPLIEGUE

APOYO MUTUO

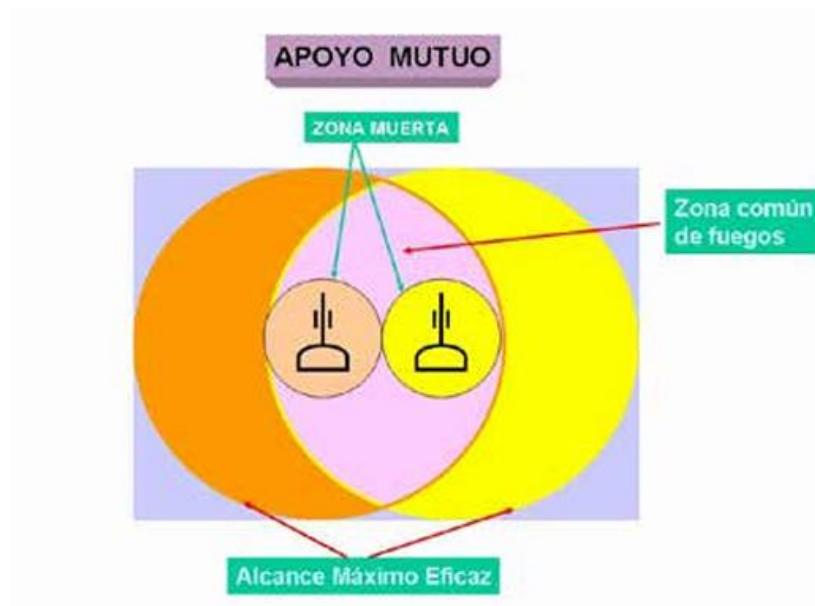


Figura 30. Apoyo mutuo. Fuente: MADOC (2016b)

SOLAPE DE FUEGOS

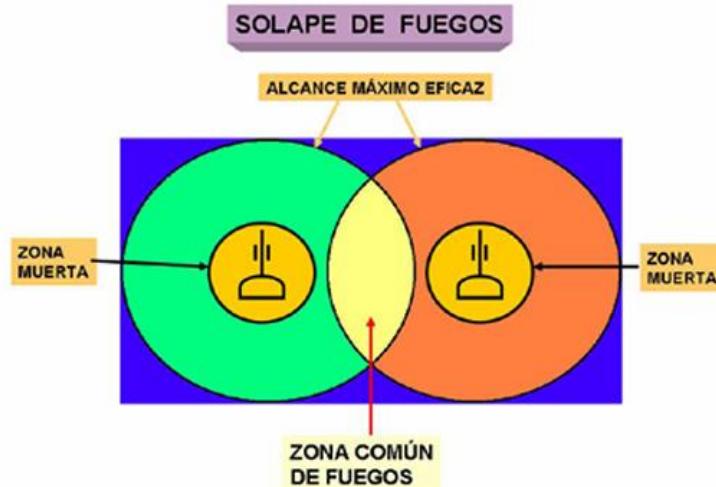


Figura 31. Solape de fuegos. Fuente: MADOC (2016b)



DEFENSA EQUILIBRADA

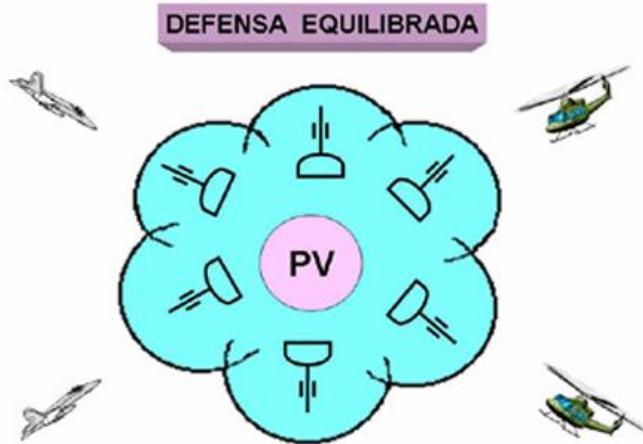


Figura 32. Defensa equilibrada. Fuente: MADOC (2016b)

DEFENSA PONDERADA

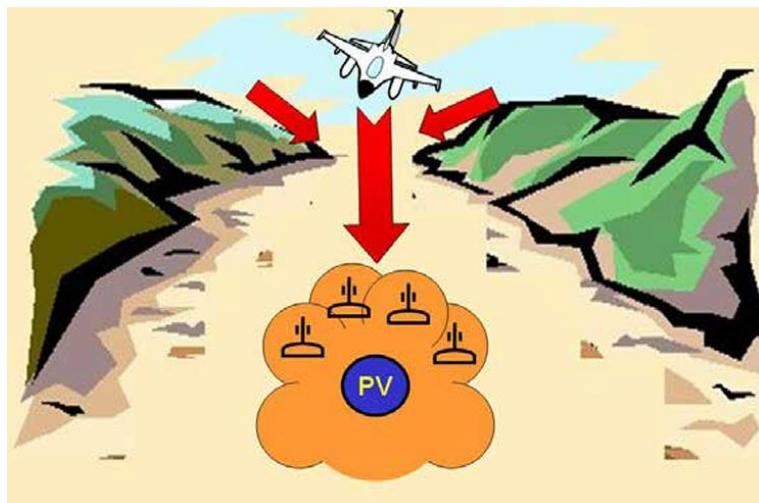


Figura 33. Defensa ponderada. Fuente: MADOC (2016b)

ACCIÓN LEJANA

«Se consigue al desplegar las unidades de tiro de forma que puedan actuar contra la amenaza antes de que esta pueda llegar a cumplir su misión, impidiendo o restringiendo el uso, por parte del enemigo, de todo tipo de plataformas» (MADOC, 2016a, p. 2-12).



ACCIÓN EN PROFUNDIDAD

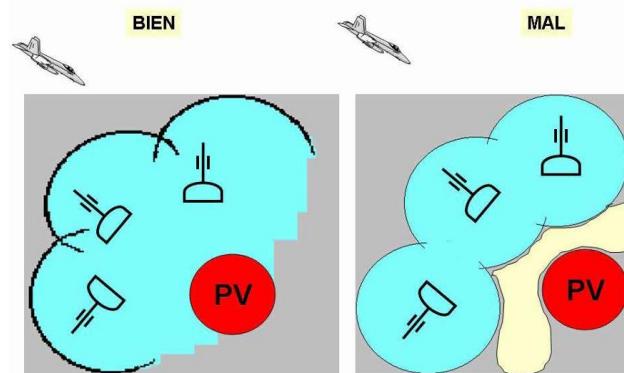


Figura 34. Acción en profundidad. Fuente: MADOC (2016b)

ACCIÓN LATERAL

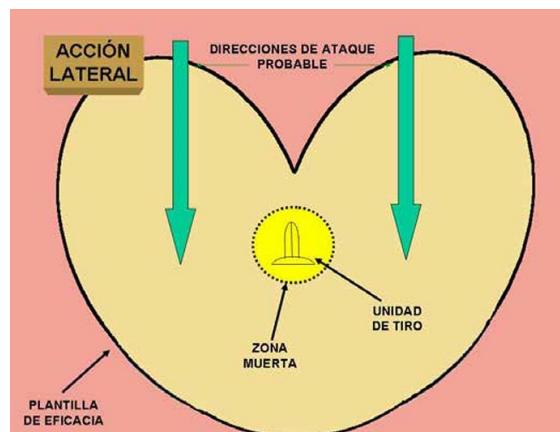


Figura 35. Acción lateral. Fuente: MADOC (2016b)

ACCIÓN FRONTAL

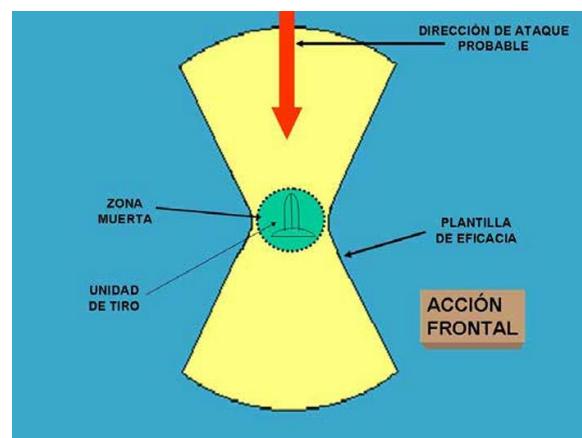


Figura 36. Acción frontal. Fuente: MADOC (2016b)