



**MAESTRÍA EN ESTRATEGIA MILITAR**

**TRABAJO FINAL**

**Tema: EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO MILITAR CONJUNTO**

**Título: Las Operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas (SEAD) en el  
diseño de fuerzas del Instrumento Militar**

**Alumno: Comodoro Marcelo Fabián SERRANO.**

**Director de Tesis: Brigadier “VGM” (R) Guillermo Eduardo SARAVIA.**

**2021.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>.....</b>
<i>Resumen ejecutivo .....</i>	<i>1</i>
<i>Aportes al campo disciplinar.....</i>	<i>3</i>
<i>El planteo del problema .....</i>	<i>3</i>
<i>Objetivos.....</i>	<i>4</i>
<i>La hipótesis.....</i>	<i>5</i>
<i>Metodología aplicada.....</i>	<i>5</i>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>.....</b>
<b>EL PROBLEMA DE LAS DEFENSAS ANTIAÉREAS EN LAS OPERACIONES AÉREAS</b>	
<b>OFENSIVAS.....</b>	<b>7</b>
<i>Evolución de los Sistemas de Defensa Antiaérea desde la aparición del Radar .....</i>	<i>7</i>
Las primeras armas antiaéreas .....	7
La aparición del radar en el periodo entreguerras.....	9
El desarrollo alemán de los primeros sistemas de misiles antiaéreos.....	13
Los Sistemas de Defensa Aérea guiados por radar.....	14
<i>Las pérdidas aéreas desde la Segunda Guerra Mundial hasta la Segunda Guerra del Líbano.....</i>	<i>20</i>
<i>La problemática de los Sistemas de Defensa Antiaérea enemigos para las Operaciones Aéreas Ofensivas.....</i>	<i>24</i>
<i>Las operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas (SEAD) .....</i>	<i>31</i>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>.....3</b>
<b>LA BATALLA AÉREA DEL CONFLICTO DEL ATLÁNTICO SUR A TRAVÉS DE UN</b>	
<b>MODELO PROBABILÍSTICO DE DEFENSA AÉREA INTEGRADA – PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>35</b>
<i>Las pérdidas aéreas argentinas por acción de las defensas antiaéreas británicas en el Conflicto del Atlántico</i>	
<i>Sur (CAS).....</i>	<i>35</i>
<i>La efectividad de las armas antiaéreas británicas en el Conflicto del Atlántico Sur (CAS) .....</i>	<i>39</i>
<i>Las Operaciones Aéreas Ofensivas en el CAS a través en un Modelo Probabilístico de Defensa Aérea</i>	
<i>Integrado. Planteo de hipótesis.....</i>	<i>42</i>
<i>El Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada para verificación de hipótesis (MMP) .....</i>	<i>43</i>
Descripción del Modelo y Adaptación .....	43
Definición de los tres escenarios aéreos hipotéticos para el Modelo “Neri” de Defensa Aérea Integrada ...	45
Análisis de la Batalla Aérea del CAS a través del Modelo adaptado de Defensa Aérea Integrada, resultados	
de las hipótesis.....	48
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>.....5</b>
<b>LAS OPERACIONES DE SUPRESIÓN DE DEFENSA AÉREAS ENEMIGAS – TENDENCIAS</b>	
<b>TECNOLÓGICAS Y DOCTRINARIAS .....</b>	<b>51</b>
<i>El entorno electromagnético en la batalla aérea .....</i>	<i>51</i>
<i>La tecnología para la protección de fuerzas aéreas contra las armas antiaéreas .....</i>	<i>54</i>
Los sistemas de alerta radar .....	54
Los interferidores de Radio Frecuencia (RF).....	56

Los señuelos pasivos antirradar (el chaff) .....	59
Los sistemas de búsqueda y seguimiento térmico en las bandas de infrarrojos (IR).....	63
Los señuelos térmicos contra misiles de seguimiento infrarrojo (IR) .....	66
El empleo militar del láser infrarrojo.....	67
Los sistemas de advertencia de aproximación de misiles (IR, UV y radar) .....	72
<i>La tecnología para operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas</i> .....	76
<i>El resurgimiento de la tecnología furtiva “antirradar” (Stealth)</i> .....	82
<i>Los Vehículos Aéreos No Tripulados en las operaciones de alto riesgo</i> .....	88
<i>Las Fuerzas Especiales como capacidad para realizar operaciones SEAD</i> .....	93
<i>Las doctrinas de conducción para operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas</i> .....	96
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>10</b>
<b>LA CAPACIDAD DE SUPRESIÓN DE DEFENSAS AÉREAS ENEMIGAS –</b>	
<b>DIMENSIONAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ESTRATÉGICA .....</b>	<b>106</b>
<i>La Tasa de Atrición Total de la Defensa Aérea (Pkt) como factor de planeamiento para determinar la cantidad de Aeronaves Ofensivas con capacidad SEAD</i> .....	106
<i>Los factores de planeamiento para las Capacidades SEAD</i> .....	110
<i>Requerimientos operativos (criterio cualitativo) de los medios aéreos ofensivos tripulados con capacidad SEAD a desarrollar</i> .....	114
<i>Requerimientos operativos (criterio cualitativo) de los medios aéreos ofensivos no tripulados (VANT) con capacidad SEAD a desarrollar</i> .....	117
<i>Requerimientos operativos (criterio cualitativo) de Misiles Antirradiación (ARM)</i> .....	118
<i>Las tareas J-SEAD de las Fuerzas Especiales</i> .....	119
<i>Dimensionamiento de una posible Amenazas Genéricas por enfrentar - características cuanti-cualitativas</i> .	120
<i>Dimensionamiento (criterio cuantitativo) de la futura capacidad aérea SEAD</i> .....	123
<i>La posible distribución estratégica de los medios con capacidad SEAD (propuesta)</i> .....	127
<i>Respuesta a la pregunta de investigación, alcance y comprobación de la hipótesis planteada</i> .....	129
<i>Consideraciones finales sobre la Capacidad Aérea SEAD</i> .....	131
<b>ANEXOS .....</b>	<b>13</b>
<i>Anexo 1 – Derribos de Aeronaves Argentinas por acción el Sistema de Control Aéreo Defensivo Británico entre el 01-May-82 y el 14-Jun-82</i> .....	134
<i>Anexo 2 – Computo de Salidas Ofensivas y No Ofensivas de la Fuerza Aérea y Aviación Naval Argentina entre el 01-Jun-82 y el 14-Jun-82, que alcanzaron al menos 10 Nm del Sistema de Control Aéreo Defensivo Británico en el CAS</i> .....	135
<i>Anexo 3 – Cronograma de Salidas Diarias de Aeronaves de Combate y No de Combate de la Fuerza Aérea y Aviación Naval Argentina, entre el 01-MAY-82 y 14-JUN-82 durante el Conflicto de Atlántico Sur (45 días de operación)</i> .....	136
<i>Anexo 4 – Esquema del Sistema de Defensa Aérea Integrado (SDAI) de la flota Británica, durante el Conflicto del Atlántico Sur (1982).</i> .....	137
<i>Anexo 5 – El Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada</i> .....	138
<i>Análisis y descripción de las Variables para el Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada</i> .....	138

Variables Amenazas Aéreas – los Sistemas de Artillería Antiaérea y Caza Interceptora (Defensiva SAM)	138
Variables Defensivas de las Aeronaves – las Medidas de Apoyo y Ataque Electrónico (Defensiva SAM)	138
Variables Ofensivas SEAD – los Sistemas de Misiles Anti-Radiación (ARM) (Ofensiva SEAD).	139
<i>Desarrollo del Modelo Matemático Probabilístico</i> .....	140
<i>Definición de los tres escenarios aéreos hipotéticos para el Modelo “Neri” de Defensa Aérea Integrada</i> ....	143
<i>Análisis de la efectividad de la Alerta Temprana del Sistema de Defensa Aérea Integrado británico en el CAS</i> 149	
<i>Anexo 6 – Redefinición de los Escenarios N° 2 y N° 3 del Modelo “Neri” de DAI para una amenaza Tipo II – Potencia Militar de Ultramar</i> .....	151
<i>Reanálisis de la efectividad de la Alerta Temprana del Sistema de Defensa Aérea Integrado de una Amenaza TIPO II para el MMP</i> .....	153
<i>Anexo 7 – Modelo Matemático Probabilístico de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional (Caso Testigo) – Desarrollo y Resultados</i> .....	155
<i>Anexo 8 – Modelo Matemático Probabilístico de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional (Escenario Actual) – Desarrollo y Resultados</i> .....	156
<i>Anexo 9 – Modelo de Lawrence Hollett para cálculos de salidas de combate (Sortie Rate)</i> .....	157
<i>Anexo 10 – Las posibles Amenazas Genéricas a enfrentar - Análisis cuantitativo</i> .....	158
<i>Anexo 11 – Método Empírico-Analítico utilizado para el desarrollo de la Capacidad de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas</i> .....	159
<b>ACRÓNIMOS Y SIGLAS</b> .....	<b>16</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	<b>16</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>17</b>

### **TABLA DE ILUSTRACIONES**

<u>Ilustración N° 1:</u> Pérdidas estimadas de Aeronaves en Conflictos Bélicos (II GM - II Guerra del Líbano).	21
<u>Ilustración N° 2:</u> Efectividad de Combate de los SA-2 "Guideline" en Vietnam 1965 – 1973 (D. Hampton).	29
<u>Ilustración N° 3:</u> Criterios para contabilizar la cantidad de Salidas Ofensivas y No Ofensivas.	37
<u>Ilustración N° 4:</u> Pérdidas Netas, Probabilidades de Supervivencia y de Pérdida de Ae., por Efecto del Enemigo o por Accidente, durante Vuelos Operacionales que llegaron hasta 10 NM del Blanco en el TOAS.	38
<u>Ilustración N° 5:</u> Resumen de resultados del Conflicto del Atlántico Sur - Salidas y Tasas de Derribo Total y Diaria de la FAA y de AVN entre el 01-May y el 14-Jun-82.	39
<u>Ilustración N° 6:</u> Derribos producidos por los SDA Británicos durante el CAS entre 01-May-82 al 14-Jun-82.	40
<u>Ilustración N° 7:</u> Análisis de Efectividad Armas AA Británicas durante el CAS entre 01-May-82 al 14-Jun-82.	40
<u>Ilustración N° 8:</u> Efectividad de las Armas Antiaéreas Británicas (R. Moro).	41
<u>Ilustración N° 9:</u> Sistema de Defensa Aérea Integrado de la flota británica, durante el CAS (1982).	46
<u>Ilustración N° 10:</u> Modelo Matemático Probabilístico (MMP) de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional (Caso Testigo) – Resumen de los Resultados Finales.	48

<u>Ilustración N° 11</u> : La GE moderna de Rusia en sus cuatro subdivisiones. Fuente: Guzenko & Moraresku (2017)..	103
<u>Ilustración N° 12</u> : Ejemplo comparativo de Días Posibles de Operación, luego de la aplicación de la Tasa de Atrición (Pkt) en 50 Salidas de Combate para una Dotación de 100 Ae. y una Sortie Rate de 2,5 por ae./día en 20 días de operación previstos. ....	110
<u>Ilustración N° 13</u> : Capacidad de Defensa Aérea Integrada - Amenazas Genéricas. ....	122
<u>Ilustración N° 14</u> : Dimensionamiento cuantitativo de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidades SEAD - Capacidad Suficiente (CS). ....	124
<u>Ilustración N° 15</u> : Redefinición del Modelo Matemático Probabilístico de Defensa Aérea Integrada del tipo convencional (Escenario Actual). ....	126
<u>Ilustración N° 16</u> : Dimensionamiento cuantitativo de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidades SEAD - Fuerza Activa Sustancial (FAS). ....	126
<u>Ilustración N° 17</u> : La posible distribución estratégica de los medios con capacidad SEAD (propuesta). ....	128
<u>Ilustración N° 18</u> : Estimación de la Eficacia Individual del Ataque Electrónico (EA) contra los Sistemas de Misiles y radares asociados y Seeker - P/ ESCENARIOS N° 2 y N° 3 en el MMP. ....	147
<u>Ilustración N° 19</u> : Estimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESCENARIO N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sistemas SAM, en el MMP. ....	148
<u>Ilustración N° 20</u> : Eficacia de batir un sistema SAM ante la Protección Electrónica de los radares enemigos contra misil ARM - P/ Escenario N° 3. ....	148
<u>Ilustración N° 21</u> : Relación Señal/Ruido (SNR) y Probabilidad de Detección para un Pulso Simple. ....	150
<u>Ilustración N° 22</u> : Estimación de Probabilidades de Detección de los Radares Asociados y Buscadores para los SDA enemigos para los 3 escenarios del MMP. ....	150
<u>Ilustración N° 23</u> : Reestimación de la Eficacia Individual del Ataque Electrónico (EA) contra los Sistemas de Misiles y sus sistemas de radares asociados y Seeker - P/ ESCENARIOS N° 2 y N° 3 (GE y GE+SEAD) en un MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO II. ....	152
<u>Ilustración N° 24</u> : Reestimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESC. N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sistemas SAM, en un MMP – ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO III. ....	153
<u>Ilustración N° 25</u> : Reestimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESCENARIO N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sist. SAM, en un MMP - ESCENARIO ACTUAL - Amenaza TIPO II. ....	153
<u>Ilustración N° 26</u> : Reestimación de Probabilidades de Detección de los Radares Asociados y Seeker para los SDA enemigos para el MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO II. ....	154
<u>Ilustración N° 27</u> : Tiempo de Recuperación de una Aeronave de Combate (USAF) de J. Lawrence Hollett en 1995. ....	157
<u>Ilustración N° 28</u> : Modelo de Tasa de Salida de Combate de J. Lawrence Hollett (1995). ....	157

# INTRODUCCIÓN

## Resumen ejecutivo

Las operaciones aéreas ofensivas sobre territorio enemigo, en los diferentes conflictos armados, han tenido que sortear la caza interceptora y las baterías de defensa aérea con sus combinaciones de cañones y de misiles controlados por radar o equipos electroópticos para alcanzar los objetivos militares a atacar.

La primera operación aérea contra la red de radares de vigilancia aérea, bautizada por los británicos como la “Home Chain”, fue llevada a cabo por la Luftwaffe<sup>1</sup> buscando destruir a la Royal Air Force<sup>2</sup> (RAF) británica para obtener la superioridad aérea sobre las islas, necesaria para ejecutar la invasión anfibia a Gran Bretaña. Aunque pocos conocían la utilidad de esas antenas, el ataque aéreo se llevó a cabo contra cinco estaciones de radar.

Fueron silenciadas con bombas, dejando solo a una de ellas totalmente destruidas. Pese a que los radares no podían recibir eco alguno; el ardid británico de utilizar transmisores alternativos falsos convenció a los alemanes que era inútil destruirlos debido a que los sistemas de reconocimiento electrónico alemanes seguían escuchando sus emisiones a pocas horas del ataque; persuadidos, no volvieron a atacarlos durante todo el conflicto (De Arcángelis, 1983, p. 58).

Si bien la USAAF<sup>3</sup>/USAF<sup>4</sup> también había atacado sitios de radar y de artillería antiaérea enemigos, tanto durante la Segunda Guerra Mundial (IIGM) y Guerra de Corea; las operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas SEAD<sup>5</sup> surgen como tal durante la Guerra de Vietnam a mediados de 1965, producto de los numerosos derribos causados por las baterías que defendían objetivos vitales de Vietnam del Norte (Grant, 1998, p. 17).

La elección de la temática de investigación sobre las operaciones de SEAD, estuvo en parte motivada al estudiar hace unos años la exitosa Operación “Paz para Galilea”, llevada a cabo por las Fuerzas de Defensa de Israel en junio de 1982 en el sur de El Líbano y en contraste con la Campaña Aérea llevada a cabo por nuestro país en la batalla por Islas Malvinas. Si bien ambas campañas fueron muy diferentes en concepción y planificación lo que me motivó fue investigar los

---

<sup>1</sup> Luftwaffe, en alemán Fuerza Aérea Alemana.

<sup>2</sup> RAF, acrónimo en inglés de Royal Air Force (Real Fuerza Aérea del Reino Unido de la Gran Bretaña).

<sup>3</sup> USAAF, acrónimo en inglés de United State Army Air Force; en español Fuerzas Aéreas del Ejército de Estados Unidos; estas fueron el arma de aviación militar independiente del Ejército de los EEUU durante e inmediatamente después de la IIGM, fue la sucesora del Cuerpo Aéreo del Ejército de los Estados Unidos y fue la precursora directa de la actual Fuerza Aérea de los Estados Unidos; existió formalmente entre 1941 y 1947.

<sup>4</sup> USAF, acrónimo en inglés de United State Air Force.

<sup>5</sup> SEAD, acrónimo en inglés de Suppression Enemy Air Defenses.

disimiles resultados en el enfrentamiento entre la aviación argentina y la artillería antiaérea enemiga.

Operación aeroterrestre que actuó sobre las agrupaciones armadas de la Organización para la Liberación de Palestina (OLP), la recientemente creada Hezbollah y las Fuerzas Armadas de Siria asentadas en el Valle de Bekaa. Los israelíes abatieron a todas las baterías de defensa aérea basadas en tierra sin sufrir pérdidas aéreas, al mismo tiempo la Argentina enfrentaba al Reino Unido de la Gran Bretaña por la posesión de las Islas Malvinas, pero con resultados diferentes.

Nuevos desarrollos tecnológicos permitieron acelerar la maduración de una capacidad cierta y concreta. Las operaciones SEAD hasta la Guerra de Yom Kippur existían solo como un concepto de poder aéreo no muy bien definido y más asociado al apoyo de las fuerzas de superficie.

En materia doctrinaria, la USAF incorporó y definió por primera vez la doctrina SEAD recién en el año 1984, luego de una década de finalizado el conflicto de Vietnam (Department of Air Force, 1984), dando lugar a las estrategias aéreas que se implementarían durante la década de 1980 y que tendrían su máxima expresión durante la Guerra del Golfo de 1991 por la liberación de Kuwait.

El diseño y desarrollo de la tecnología furtiva “antirradar” o “stealth” surgió de las experiencias del poder aéreo estadounidense de fines de la década del 60 y principios de los 70 durante la Guerra de Vietnam, respondiendo a la necesidad de un nuevo diseño de “fuerza de bombarderos furtivos” para evitar así las pérdidas de aeronaves y tripulaciones aéreas (Grant, 1998, p. iii). Esta nueva tecnología, permitió a la USAF lanzar bombas guiadas con éxito en la profundidad del territorio enemigo sin ser detectados por los radares iraqués y sin sufrir derribos (Grant, 1998); la SEAD fue llevada durante esta guerra a una escala superlativa.

Ese éxito no pudo ser repetido por la USAF y la OTAN<sup>6</sup> durante la Operación “Allied Force” en 1999 en Kosovo sobre las fuerzas federales yugoslavas; esto condujo a un replanteo del proceso de comando y control conjunto de las operaciones de SEAD, dado que el uso de misiles de mediano y largo alcance no permitieron a los aliados controlar el espacio aéreo tal como esperaban, pese al muy bajo costo en aeronaves (Stewart, 2002).

Veinte años después el entorno electromagnético sigue siendo cada vez más amenazante, denso, sofisticado y complejo que continúa creciendo al igual que las nuevas generaciones de misiles de corto hasta largo alcance, desarrollados ahora por grandes y medianas potencias militares. En las siguientes décadas los sistemas de defensa aérea basados en misiles

---

<sup>6</sup> OTAN, acrónimo de Organización del Tratado del Atlántico Norte.

posiblemente sean cada vez menores en cantidad, pero más precisos y letales que sus predecesores, por lo que el duelo entre éstos y los sistemas de supresión continuará en los próximos conflictos.

Reducir las pérdidas aéreas a causa de las defensas aéreas integradas enemigas, es un problema de los comandantes aéreos durante el desarrollo de las operaciones, pero de nada sirve si durante el diseño de fuerzas en tiempos de paz; no se desarrollan doctrinas ni capacidades específicas y conjuntas adecuadas para realizar operaciones de SEAD eficaces, que contrarresten la efectividad de las defensas antiaéreas. Actuar contra los Sistema de Defensa Aérea (SDA), requiere de una capacidad determinada, pero la lógica y la experiencia dicen que debe ser generada, desarrollada y entrenada durante la paz, en fases previas a un conflicto bélico futuro.

### **Aportes al campo disciplinar**

El aporte al campo disciplinar de este trabajo se da en tres ámbitos: el primero es el estudio sobre el problema que los comandantes operacionales tienen cuando un defectuoso diseño operacional de las capacidades de su Componente Aéreo se ve drásticamente reducido en aeronaves y tripulaciones por acción combinada de la artillería antiaérea y la caza interceptora enemiga que obstaculizan la posibilidad de alcanzar y sostener la superioridad aeroespacial. Con lo cual, un objetivo primordial es contar con un Componente Aéreo diseñado con suficiente protección para intervenir con eficiencia en la batalla aérea.

El segundo aporte es el estudio sobre las amenazas que representan los SDA para las fuerzas aéreas y cómo es el actual escenario de combate entre éstos. Además de determinar cuáles son y hacia dónde van las tendencias táctico-tecnológicas actuales en materia de sistemas electrónicos y armas para realizar operaciones de supresión de defensas aéreas.

La tercera contribución es determinar la capacidad<sup>7</sup> necesaria a desarrollar para ejecutar operaciones de SEAD que aseguren la protección de fuerzas aéreas ante el peligro que representan los SDA.

### **El planteo del problema**

La problemática de la investigación respondió a la **pregunta** sobre ¿Qué capacidades de SEAD debería generar el Instrumento Militar de la Nación, para contribuir en la preservación y protección del Componente Aéreo conjunto ante las amenazas de armas antiaéreas?

---

<sup>7</sup> Capacidad: Aptitud o suficiencia específica que posee una organización o un individuo en relación con una determinada misión, función o cosa.

## Objetivos

En correspondencia con el interrogante, el objetivo propuesto fue determinar en primer lugar los factores de planeamiento para establecer el tipo, composición, dimensión, equipamiento, calidad y la posible propuesta sobre la distribución estratégica para desarrollar desde cero una nueva capacidad de SEAD y en segundo término las aptitudes de las aeronaves de combate tripuladas o no tripuladas que podrán participar en operaciones aéreas ofensivas futuras, con un carácter y base conjunta.

En tanto los objetivos intermedios para alcanzar la hipótesis, se concentraron en estimar la tasa de atrición aérea por acción de los SDA en las principales batallas aeroespaciales desde la IIGM; determinar la naturaleza, características y peligrosidad de las armas antiaéreas en un conflicto convencional; calcular a través de un modelo estadístico la tasa de atrición de los SDA en un caso testigo; y en último identificar los sistemas de SEAD y de Guerra Electrónica (GE) ofensivos y defensivos que ofrezcan la mejor protección a las fuerzas.

También se analizaron las doctrinas de conducción para operaciones SEAD existentes en algunos países; se determinaron las capacidades de los medios aéreos específicos de SEAD y de las aeronaves de combate tripuladas o no que participen en acciones ofensivas y finalmente, se establecieron los factores de planeamiento a fin de proponer la dimensión y su posterior distribución geográfica.

Para este trabajo se analizaron casos particulares, donde el poder aéreo de una fuerza fue afectado por los SDA, produciéndole pérdidas de aeronaves. Con ellos se han inferido las aptitudes necesarias a desarrollar para ejecutar operaciones SEAD que aseguren la protección de fuerzas aéreas ante el peligro de las armas antiaéreas.

En el necesario empleo de estadísticas y probabilidades, dado la imposibilidad de trabajar sobre el universo de casos, se utilizaron muestras representativas que permitieron realizar generalizaciones. Dichas muestras, obtenidas de una sucesión cronológica de casos históricos, nos permitieron conocer de manera parcial, la evolución de las operaciones SEAD. Con el estudio “histórico” se intentó revelar el desarrollo, la evolución, los condicionamientos tecnológicos y las conexiones fundamentales entre los SDA y las operaciones SEAD en los últimos períodos de la historia militar, y las consecuencias de esta interacción para el poder aéreo y el uso de las operaciones SEAD para mitigar los derribos aéreos y la eliminación de las amenazas.

Las fuentes de información fueron abiertas y de acceso público, entre éstas se recurrió a libros, informes, datos oficiales estadísticos y bibliográficos, estudios militares de centros especializados, artículos de internet y de revistas especializadas, del exterior y de la Argentina.

### La hipótesis

La hipótesis planteada es la siguiente: un diseño de fuerzas aéreas ofensivas de carácter conjunto con una adecuada protección electrónica y con capacidad de ejecutar operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas al enfrentar una amenaza del tipo Sistema de Defensa Aérea Integrado (SDAI), reduce las pérdidas (atrición) de aeronaves y tripulaciones del instrumento militar nacional, contribuyendo así al logro de la Superioridad Aérea.

### Metodología aplicada

El trabajo se encuentra organizado en cuatro capítulos. En el primero se determinó una trayectoria histórica y una proyección de la naturaleza actual de los SDA como factor desequilibrante en la batalla por la superioridad aérea. Además, se realizó un primer análisis histórico limitado al estudio estadístico sobre pérdidas aéreas desde la aparición del radar en la IIGM hasta la Guerra del Líbano de 2006 inclusive.

En el capítulo dos se desarrolló el segundo estudio sobre un caso testigo, donde se modelizó sobre la experiencia propia del uso del Poder Aéreo durante la Guerra de Malvinas de 1982; a través de un Modelo Matemático Probabilístico (MMP) de Defensa Aérea Integrado de carácter escolástico y tradicional, con base en los sistemas de misiles, artillería, y caza interceptora británicos bajo control radar utilizados en el conflicto.

El MMP confronta una fuerza con una determinada cantidad de aeronaves, después de un número de salidas de combate, contra la probabilidad total de derribo de un SDAI compuesto con hasta tres sistemas de Artillería Anti Aérea (AAA), para evaluar la supervivencia y las pérdidas de aviones. Cabe aclarar que éste no confronta cantidades de aeronaves propias versus aviones enemigos.

En el tercero se identificaron los sistemas de Guerra Electrónica (GE) y de Supresión de Defensas Aéreas que ofrecen protección a las fuerzas según la evolución histórica de los diseños de fuerzas que nos permitan determinar el equipamiento y la calidad de éstos. Posteriormente, se realizó un análisis de las doctrinas de conducción para operaciones SEAD existentes en algunos países del mundo que cuentan con esta capacidad desarrollada y aplicada.

En el capítulo final se determinaron las aptitudes cualitativas de los medios aéreos específicos de SEAD y de las aeronaves de combate tripuladas y no tripuladas a desarrollar que podrían participar en operaciones aéreas ofensivas venideras.

Por último, se precisaron los factores de planeamiento a fin de establecer la capacidad militar de los medios, la dimensión de una fuerza de aeronaves con facultades SEAD con un criterio cuantitativo bajo la regla de “Capacidad Suficiente”, su posterior posible distribución territorial estratégica junto a consideraciones finales sobre el desarrollo futuro de esta nueva herramienta de SEAD para el Instrumento Militar de nuestra Nación.

Para la magnitud de los medios aéreos SEAD se utilizó el MMP del segundo capítulo como una herramienta de diseño de fuerzas que tiene por propósito pasar de lo subjetivo del planeamiento a un cálculo más objetivo y que sirva en el futuro de referencia para dimensionar un sistema de fuerzas con las capacidades SEAD contra cualquier tipo de amenaza.

Para esta herramienta de diseño, se remagnificaron numéricamente las “cualidades militares” de un moderno SDAI perteneciente a una amenaza genérica actual determinada expresamente para este trabajo, a través del método de “juicio por incertidumbre” establecido en el Manual de Procedimientos para el Planeamiento Estratégico Militar (PC-20 09) (2018, p. 10).

## CAPÍTULO I

### **EL PROBLEMA DE LAS DEFENSAS ANTIAÉREAS EN LAS OPERACIONES AÉREAS OFENSIVAS**

*Como dijo el Jefe del Estado Mayor de la FAA, el Brigadier Ernesto Crespo, "Para aprender, hay que pagar primero." Y así fue, que los pilotos argentinos pagaron un alto precio, con la pérdida de muchas tripulaciones, pero enriquecieron con sus fallos y aciertos las historias y las doctrinas aéreas.*

General de Aviación José Sánchez Méndez,  
Ejército del Aire de España

En este primer capítulo se determinó un recorrido histórico y una proyección de la naturaleza actual de los Sistemas de Defensa Aérea (SDA) como factor desequilibrante en la batalla por la superioridad aérea, especialmente en el desarrollo de operaciones aéreas ofensivas.

El análisis incluye una descripción de la evolución de los SDA desde la aparición del radar y otras tecnologías asociadas. Además, se realizó un primer análisis histórico, limitado al estudio estadístico sobre pérdidas aéreas desde la IIGM hasta la Guerra del Líbano de 2006 y sus implicancias en los conflictos armados.

#### **Evolución de los Sistemas de Defensa Antiaérea desde la aparición del Radar**

##### Las primeras armas antiaéreas

Las armas antiaéreas aparecen en la Guerra Franco-Prusiana en 1870 durante el sitio de París por parte de las tropas prusianas. Las fuerzas francesas que rodearon a su vez el asedio alemán comenzaron a intentar reaprovisionar a sus compatriotas sitiados a través de globos aerostáticos. Pero la empresa germana Krupp AG, rápidamente montó un cañón de artillería de campaña de 37 mm en la parte superior de un carruaje de caballos para derribar a los globos galos, esta nueva arma fue apodada "ballonkanone" y es considerada la precursora de las armas antiaéreas (Santos Dias, 2013, p. 19).

El primer cañón de Artillería Anti Aérea (AAA) de Estados Unidos (EEUU) fue un diseño del Almirante Nathan Twining en 1911 de calibre 76 mm para enfrentar a la nueva amenaza aérea, éste llegaría a ser también el primer cañón antiaéreo operacional de la Armada de los Estados Unidos (USN). Para 1913, sobre la base de cañones de campaña, solo Francia y Alemania habían

construido en Europa armas antiaéreas para desafiar a los globos y aviones. La Royal Navy<sup>8</sup> (RN) británica pronto también introduciría sus primeros cañones antiaéreos embarcados.

Durante la Primera Guerra Mundial (IGM) se realizaron varios avances tecnológicos en la detección de aviones aprovechados por las defensas aéreas, los más importantes fueron los sensores acústicos o “aerófonos” (Galati, 2015, p. 103) tales como los espejos de sonido, las cornetas acústicas y tubas de guerra para captar, ubicar y medir distancias a través del ruido producido por los motores de los aeroplanos (Kaushik, Nance, Don, & Ahuja, 2005). También aparecieron los proyectores de luz para ataques nocturnos, buscadores ópticos con medición de distancia y los fusibles cronometrados mecánicamente para las espoletas de la munición.

Este conjunto de técnicas incrementó la efectividad de la AAA; al disminuir sensiblemente el número de rondas disparadas por derribo. En el frente occidental, los artilleros antiaéreos alemanes reclamaron el derribo de 1.588 aviones aliados, los franceses 500 aparatos alemanes; los italianos 129 derribos; los británicos 341 y los estadounidenses 58 victorias (Werrell, 2005, p. 3).

La IGM había probado que las aeronaves serían una parte importante del campo de batalla; la mayor parte de las operaciones aéreas no fueron de carácter estratégico, sino operaciones tácticas en apoyo de las fuerzas terrestres. Pero en el tiempo de entreguerras, las aeronaves mejoraron la velocidad y potencia de los motores que permitían mayores niveles de vuelo y alcances, razón por la cual muchos planificadores pensaron que las próximas aeronaves harían inútiles a los sistemas antiaéreos, así que se hicieron pocos progresos entre ambos conflictos en mejorar los cañones, muy en contraste con los avances logrados durante la misma guerra. El calibre de 76 mm de la IGM dominó la escena antiaérea, en 1928 EEUU adoptó como estándar el cañón M3 con un techo de 21.000 ft, superando el de los aviones de esos días.

Durante el periodo de entreguerras las principales necesidades alemanas para batir aeronaves a grandes alturas fueron cubiertas por el cañón de 75 mm de Krupp, pero fue hasta 1933 que el grupo sueco de esta empresa produjo un avanzado cañón de calibre mayor, nombrado Flak 18 de 88 mm. El calibre de 88 mm fue suplementado para 1936, por dos armas de diámetro mayor, el Rheinmetall Flak 38/39 de 105 mm y el Flak 40 de 128 mm que poseían 4 veces más de poder explosivo que el “88”; para 1944 se disponían de más de 1.900 piezas montadas sobre rieles, vehículos y en posiciones fijas, fue uno de los más efectivos durante la defensa de Alemania.

---

<sup>8</sup> RN, acrónimo en inglés de la Royal Navy (Real Marina del Reino Unido de la Gran Bretaña).

En abril de 1934, el brazo antiaéreo para la defensa germana fue asignada a la Luftwaffe, sus unidades y armas tenían un diseño de fuerzas de uso dual (antiaéreo y de campaña) duplicando así el número de piezas de AAA. Al inicio de la IIGM, poseían el sistema de defensa aérea más grande del mundo con 2.600 cañones pesados y 6.700 livianos (Werrell, 2005, p. 25).

Los británicos se convencieron a sí mismos de la decisión de que el poder aéreo bien utilizado daría el temido “golpe de gracia” en un conflicto; éstos entendieron mejor que todos las demás estrategias militares y aceptaron las sombrías profecías de los teóricos del “bombardeo aéreo estratégico”, el artillero italiano Giulio Douhet; el propio Mariscal Sir Hugh Trenchard de la RAF y el norteamericano Brigadier General William Mitchell que predijeron “el empleo del poder aéreo daría lugar a ciudades devastadas, industrias pulverizadas, civiles en estado de pánico, para luego así rendirse” (Werrell, 2005, p. 6).

Ante el temor que la profecía del “bombardeo aéreo estratégico” representaba, los británicos impulsaron en 1936 la construcción del cañón antiaéreo de 94 mm. El Ejército de los Estados Unidos (USARMY<sup>9</sup>) con igual visión británica, reemplazó sus viejos cañones de 76 mm de amplio uso en la IGM, por el conocido modelo de largo alcance M-1 de 90 mm en 1940. Para enero de 1938, los británicos tenían solo 180 cañones antiaéreos de más de 50 mm; este número aumentó a 341 a fines del 38, a 540 en setiembre del 39 cuando se inicia la guerra y a 1.140 finalizada la Batalla Aérea de Gran Bretaña en octubre de 1940.

### La aparición del radar en el periodo entreguerras

A pesar de la niebla que impedía visualizar referencias terrestres para mantener el rumbo, el 13 de junio de 1917 a plena luz del mediodía tras volar más de 50 km, los 21 bombarderos alemanes Gotha G-IV con 500 Kg de bombas, alcanzaron la ciudad de Londres; donde lanzaron 128 bombas desde 15.000 pies (ft.) con efectos devastadores. Las primeras cayeron a las 11:35 horas sobre los docks y fábricas del este del Támesis; cinco minutos después otras 72 incurrieron sobre la City y en cercanías de la Liverpool Street Station (La Spina, 2009). A esta nueva forma de bombardear en la profundidad del territorio enemigo con aviones de ala fija que irrumpió en la escena de la IGM, se le imprimió el carácter de “estratégico”.

Este histórico bombardeo aéreo, aunque inefectivo para definir la guerra; causó muchísimo pánico sobre la población civil y dejó en vilo al gobierno británico por las siguientes dos décadas; debido a que rompió con la histórica inexpugnabilidad del archipiélago británico.

---

<sup>9</sup> USARMY, acrónimo en inglés de United State Army.

Los alemanes llevaron a cabo durante la IGM, 51 ataques aéreos con dirigibles que eran fácilmente destruidos por los cazas y 52 con aeroplanos sobre el Reino Unido, en conjunto cayeron 280 toneladas de bombas. El éxito de las medidas de defensa antiaéreas británicas fueron limitadas; de los 397 bombarderos que habían formado las incursiones, sólo 24 Gotha fueron derribados.

Los aviadores británicos creían que no existía una defensa aérea directa totalmente eficaz contra los bombarderos aéreos, el 24 de julio de 1924 el Primer Ministro británico Stanley Baldwin se refirió sobre la pérdida de la condición de “archipiélago inexpugnable”, arengando:

Es fácil decir, como lo hace mucha gente, que Inglaterra debería aislarse de Europa, pero debemos recordar que la historia de nuestra insularidad ha terminado, ya que con la llegada del avión ya no somos una isla. No importa si nos gusta o no; ahora estamos indisolublemente ligados a Europa (Douhet, 1998, p. 185).

La única medida potencialmente efectiva era interceptar a alta velocidad y a vuelo elevado a los bombarderos a través de los vastos cielos con numerosas patrullas aéreas, las que no eran prácticas ni operacionalmente económicas; por lo cual, sin una adecuada alerta temprana, el problema de la defensa aérea parecía de imposible resolución para los británicos y basados en las conclusiones del estratega italiano Giulio Douhet en 1927 (*The Command of The Air*, 1998), que advertía sobre el futuro del bombardeo aéreo estratégico:

No crea que mañana el enemigo hará una distinción entre las fuerzas militares y la población civil. Utilizará sus medios más poderosos y terroríficos, como el gas venenoso y otras cosas contra la población civil, ... Se enviarán escuadrones de aviones para destruir las principales ciudades. La guerra futura, de la que ahora solo tenemos una vaga idea, será terrible (p. 189).

En respuesta a esta temible amenaza, el General Británico Edward Ashmore, fue designado en 1924 para diseñar un sistema de detección, alerta y control de aeronaves con mayor anticipación (Bourne, Liddle, Whitehead, & R., 2000), pero a fines de la IGM la tecnología poco podía ayudar en el proceso de alerta aérea temprana, más allá del ojo y el oído humano.

Finalizada la IGM, la estrategia militar británica creía que solo unos pocos bombarderos lograrían resultados decisivos con solo contar con la potencia de fuego adecuada (explosivos de alta potencia, bombas incendiarias y gases letales), orientando así su esfuerzo inicial en un diseño de fuerza aérea basado de una poderosa flota de bombarderos ofensivos bajo el “principio de masa”; pero ante el temor a futuras represalias y para disuadir a los ataques aéreos enemigos sobre el archipiélago, abandonaron esta idea hacia 1933.

La RAF cambió su diseño de fuerzas hacia uno netamente de “defensa aérea intensiva”, más adecuado a su ajustado presupuesto y compuesto por cazas interceptores Hawker “Hurricane” (1935) y Supermarine “Spitfire” (1936) de menor costo que los bombarderos. Además, se opta por una nueva reorganización de la RAF que condujo en 1936 a la creación de los Mandos de Bombardeo, Costero y de Caza; este último era el responsable de la defensa aérea de las islas.

El miedo de las autoridades británicas a los bombardeos alemanes, incentivaron a idear nuevas armas contra esta amenaza. Fue en este período, cuando los físicos Robert Watson-Watt, Director del Laboratorio de Investigación de Radio (LIR) y su ayudante Arnold Wilkins tuvieron a cargo el desarrollo del “rayo de la muerte”, un arma ofensiva contra los bombarderos, con la idea de elevar la temperatura corporal de las tripulaciones a 41°C para provocarle una fiebre alta que lo incapacite antes que lanzaran sus bombas sobre suelo sajón (Pellini, 2014).

Esta idea algo fantástica, no fue factible dado que no había ningún ingenio tecnológico cercano que generara la energía electromagnética con potencia suficiente para afectar a los pilotos, protegidos por la estructura metálica del fuselaje; como consecuencia el proyecto no pasó del papel.

El modelo de “radar<sup>10</sup>” operativo, tal cual se lo conoce actualmente fue desarrollado en Inglaterra en 1935, por los mismos físicos Watson-Watt y Wilkinson de forma casi fortuita (De Arcángelis, 1983, p. 47). En 1932 los ingenieros británicos de la Oficina de Correos y Telégrafos realizaron estudios sobre una serie de fenómenos que afectaban la intensidad de la señal recibidas en los radiorreceptores como tormentas eléctricas, lluvias y el vuelo de algún avión próximo a las antenas. Wilkins se enteró accidentalmente, por charlas de café con colegas de la Oficina Postal sobre la interferencia que provocaban los sobrevuelos sobre las radios.

Esta observación en enero de 1935 le permitió deducir que el fenómeno de perturbación electromagnética podría ser útil para detectar aeronaves a distancia (Pellini, 2014), dando lugar a una serie de hechos que culminaron con la invención del radar.

El Reino Unido, bajo la dirección científica y técnica de Watson-Watt, fue el primer país en contar en 1935 con el primer radar patentado y luego en 1937, con la primera red de radares de alerta aérea instalada, conocida como la “Home Chain” (Holp, 2012, p. 11). Ese mismo año el buque de guerra británico HMS “Sheffield” detectó con un radar embarcado experimental una aeronave a 53 Millas Náuticas (Nm) y 10.000 pies (ft.) de altura. Para antes de la guerra y en forma

---

<sup>10</sup> Radar, acrónimo en inglés de Radio Detection and Ranging (radio detección y alcance). Este acrónimo fue dado por técnicos norteamericanos en 1940 por “radio detección y alcance”, y fue adoptado oficialmente por los británicos en 1943 para reemplazar el anterior de RDF, Radio Detection and Finding (radio detección y localización) dado por Watson-Watt y Wilkins en 1935.

casi paralela y aislada; EEUU, Alemania y el Reino Unido también desarrollaron en sus laboratorios, radares para detectar y seguir buques y aeroplanos (Grant, 1998, p. 6).

El “radar<sup>11</sup>”, un dispositivo para detectar aeronaves a rangos mucho más allá del ojo humano, tuvo efectos sobre los planes a nivel operativo y sobre las tácticas aéreas; dando forma a la mayoría de las campañas aéreas decisivas de la IIGM y además modificaría la dinámica del combate aéreo durante el resto del siglo (Grant, 1998, p. 5), aunque solo el Reino Unido tuvo antes de la guerra, un adecuado y efectivo diseño de fuerzas defensivas (radar, AAA y cazas) gestado a mediados de los años 30. Al inicio de la IIGM en diciembre del 39, la “Home Chain” tenía 19 estaciones de radar operativas y listas para asumir un papel decisivo en la Batalla de Inglaterra.

El secreto británico fue contar con la alerta temprana para poder despegar con tiempo suficiente para reunir en masa las aeronaves de caza contra los bombarderos atacantes, antes que alcancen las islas. Para la RAF, la flexibilidad proporcionada por el radar le quitó la sorpresa y la ventaja estratégica a la Luftwaffe.

Para mediados de setiembre del 40, los alemanes no alcanzaron la superioridad aérea local sobre el sureste de Inglaterra y el Canal de la Mancha, necesaria para llevar a cabo el plan anfíbio “León Marino” para conquistar Gran Bretaña; los ataques aéreos sobre el sur de Inglaterra cesaron el 12 de octubre y el plan se pospuso para mayo de 1941 (Grant, 1998, p. 8).

Por su parte, hacia finales del 39 la empresa alemana GEMA produjo un radar costero de detección de aeronaves para la Armada, mucho más avanzado que los británicos de la “Home Chain”, designado FuMG 80 “Freya”. La primera prueba exitosa se llevó a cabo en la isla de Wangerooge, detectando bombarderos británicos a 130 km de la península de Heligoland.

La primera versión alcanzaba los 120 Nm<sup>12</sup>, en tanto una mejorada de 1942 de largo alcance con 190 Nm, FuMG 41/42 “Mammut-1” fue instalada en la costa francesa para detectar bombarderos hasta el interior de las islas británicas, gracias a la innovadora tecnología de “arreglos de fase” hoy plenamente en uso en todos los radares. Esto les otorgó a los alemanes la suficiente alerta aérea temprana hasta el desembarco en Normandía, cuando fueron destruidas las estaciones de radar (Holp, 2012, pp. 9-11).

La empresa Telefunken en marzo de 1939, presentó el potente radar de AAA denominado FuMG 62D “Würzburg” de 17 Nm de alcance y en 1941 se lanzó una versión de gran

---

<sup>11</sup> Radar, acrónimo en inglés de Radio Detection and Ranging.

<sup>12</sup> Nm, abreviatura en inglés de Nautical Mile (Milla Náutica); unidad de medida de distancia, utilizado para la navegación náutica y aeronáutica, es el equivalente a 1.852 metros.

alcance denominada FuMG 65 “Würzburg-Riese” que podía seguir aviones hasta las 38 Nm; ambos operaban junto a la familia “Freya” (Galati, 2015, pp. 106-107).

Los germanos fueron también innovadores en ingeniar los primeros radares aerotransportados para los cazas de intercepción aérea, el primero designado FuG 202 “Lichtenstein” fue fabricado por Telefunken en 1942 y utilizado en sus cazas nocturnos Bf-110 y de reconocimiento Ju-88R. Hacia fines de 1944 el FuG 240 “Berlín” (Holp, 2012, p. 10) fue el radar aerotransportado basado en microondas más avanzado del mundo en esos tiempos, podría haber sido producido en masa, pero estaba en prueba cuando terminó la guerra, su amplia difusión se daría luego de la guerra en todas las principales potencias.

Los adelantos tecnológicos se dieron también, no solo sobre la detección temprana a distancia por radar, sino también en el guiado, seguimiento y medición de distancia de la artillería a través de miras ópticas y computadoras mecánicas para los cañones antiaéreos.

### El desarrollo alemán de los primeros sistemas de misiles antiaéreos

Hacia el año 1943 los alemanes desarrollaron el primer misil antiaéreo, denominado W-10 “Wasserfall”, diseñado sobre la base y configuración del cohete balístico V-2 (Klee & Merk, 1963, p. 69) con una ojiva de aproximadamente 1/4 del tamaño y un conjunto adicional de aletas que le proporcionaban una capacidad de maniobra adicional para seguir aeronaves. Este misil antiaéreo, no utilizaba el radar para el guiado de blancos, sino uno de mando a través de un sistema manual (joystick) para maniobrar el misil a lo largo de la línea de visión de una mira óptica desde el punto de lanzamiento hasta el objetivo, el vínculo de órdenes era un enlace de radio (Pocock, 1967).

El “Wasserfall” en su mejor versión tenía un rango operativo de 16 Nm, 60.000 ft de techo y velocidad supersónica para poder alcanzar a los bombarderos aliados que volaban a 30.000 ft (Pocock, 1967). El Alto Mando alemán había planificado el primer diseño de fuerzas defensivas misilísticas en la historia de los conflictos, previendo para fines de 1945 contar con la masiva entrada en servicio de 200 baterías. Según Carlo Kopp, “esto hubiera sido devastador para el Mando Aéreo de Bombardeo Aliado, por las altas pérdidas que éstas hubieran podido provocar” (2006, p. 9), pero solo se habían completado 35 lanzamientos para cuando el complejo misilístico alemán de Peenemünde fue evacuado el 17 de febrero de 1945, la guerra terminaría en mayo de ese año, sin ningún sistema W-10 operativo (Pocock, 1967).

Otro proyecto fallido germánico de misiles guiados por un enlace de radio estuvo a cargo de la empresa Rheinmetall-Borsig, designados R-I “Rheintochter” (de 20.000 ft.) y su versión mejorada R-III (de 48.000 ft y 9 Nm); ambos fueron cancelados en enero de 1945 luego de 6

lanzamientos exitosos (Christopher, 2013, p. 131). La configuración aerodinámica y el control del R-I fueron utilizados repetidamente por los diseñadores de misiles soviéticos durante la década de 1950 para el desarrollo de los primeros misiles SA-2 y SA-3 (Kopp, 2006, p. 10).

La tercera serie estuvo a cargo de la compañía Henschel, que diseñó un misil Tierra-Aire (SAM<sup>13</sup>) y Aire-Aire (AAM<sup>14</sup>) que podía lanzarse desde bombarderos medianos; designado Hs-117 “Schmetterling” tenía un importante techo de 36.000 ft y 17 Nm de rango (Ford R. , 2013, p. 102). Se realizaron, entre mayo y noviembre de 1944, 25 lanzamientos efectivos sobre 59 intentos (Christopher, 2013, p. 127). Fuentes alemanas afirmaron que se realizaron ensayos operativos efectivos, pero no hay evidencia que apoyen esta información.

La cuarta familia fue de Messerschmitt con los FR-1 al FR-5 “Enzian”, montados sobre rieles de un cañón Flak 18, podían alcanzar los 48.000 ft de techo y 16 Nm de rango y transportar 500 kg. de explosivo (Werrell, 2005, p. 36). Lo más interesante fue que el inefectivo guiado por enlace de radio fue reemplazado por los primeros e “innovadores” buscadores térmicos austríacos Kepka “Madrid” basado en un escáner infrarrojo y el “Elsass” un buscador de radar activo. Las pruebas de lanzamiento se realizaron durante todo el año 1944, pero se cancelaron al finalizar la guerra en mayo de 1945 (Kopp, 2006, p. 11).

La quinta gama de misiles germanos fueron los F-25 y F-55 “Feuerlilie” de velocidades subsónica y supersónica respectivamente, nunca entraron en servicio. En perspectiva sobre los programas de SAM de Alemania, el analista militar australiano Carlo Kopp afirma:

Fueron “demasiado pequeños y demasiado tarde” para haber logrado un efecto significativo. Si los programas como el de Wasserfall y Schmetterling hubieran sido financiados antes y con mayor generosidad, el curso de la guerra aérea habría cambiado de manera decisiva...el liderazgo nazi fue, por lo tanto, en más de una manera culpable de la derrota de Alemania (Kopp, 2006, p. 11).

### Los Sistemas de Defensa Aérea guiados por radar

Las armas de artillería antiaérea de la IIGM continuaron en servicio operativo durante un corto periodo luego de finalizada. En particular, EEUU estableció una enorme red de defensa alrededor de sus ciudades más grandes, basada en sus veteranos cañones M-1 de 90 mm y M-2 de 120 mm guiados por operador a través de una mira óptica. Pero dado el pobre desempeño de estas

---

<sup>13</sup> SAM, acrónimo en inglés de Surface to Air Missile (Misil Superficie-Aire).

<sup>14</sup> AAM, acrónimo de Air to Air Missile (Misil Aire-Aire).

armas, incluso contra los pesados y lentos bombarderos, estaba claro que cualquier defensa sería dejada en manos de la caza con radares de abordo para interceptar a las aeronaves enemigas.

El período 1945-1960 evidenció la evolución de la amenaza aérea a través de la propulsión a chorro; con la aparición a finales de la IIGM de los primeros “jets” alemanes Me-262 “Schwalbe”, el Gloster “Meteor” británico (1944), el F-86 “Sabre” estadounidense (1949) y el MiG-15 ruso (1949) se desarrollaron velocidades y alturas mayores a los cazas de la IIGM; para 1950 la AAA aún no estaba preparada para destruir a los nuevos aviones a reacción.

La primer arma antiaérea automática guiada íntegramente por un radar y una computadora analógica como director de tiro, capaz de seguir y batir aeronaves próximas a la velocidad del sonido, fue desarrollada por Sperry Gyroscope en 1948 para el cañón estadounidense M-51 “Skysweeper” de 75 mm. Poseía además un sistema de carga automática de municiones, era totalmente autónomo y estaba montado sobre un carro a ruedas que le daba gran movilidad operacional. Los “Skysweeper” reemplazaron a todas las piezas antiaéreas del ejército, a partir de 1951 fueron desplegados en las principales ciudades estadounidenses, en Japón y Grecia.

En respuesta a los nuevos diseños de fuerzas con cazas a reacción, la efectividad de la AAA comienza a optimizarse drásticamente con la mejora de los sistemas de misiles guiados alemanes a partir de 1946, gracias a que los EEUU y la Unión Soviética se habían disputado y llevado a sus respectivos laboratorios los ingenieros y técnicos alemanes ni bien finalizada la IIGM.

La estrategia nacional y militar soviética y estadounidense veían claramente que la amenaza nuclear se aceleraba y ante el inminente peligro que representaban los bombarderos estratégicos con armamento nuclear, los sistemas de misiles guiados comenzaron a convertirse en armas más efectivas y precisas que los cañones antiaéreos guiados manualmente o por radar.

Los estadounidenses introdujeron en 1954, el primer misil SAM operacional del mundo con guiado radar y procedimientos totalmente automatizados integrados electrónicamente, denominado MIM-3 “Nike Ajax” estaba basado en el alemán W-10 “Wasserfall”. Diseñado para derribar bombarderos convencionales a velocidades subsónicas y altitudes por encima de los 50.000 ft y hasta 26 Nm; se lo desplegó en EEUU y en el extranjero para proteger bases militares.

En tanto la URSS<sup>15</sup> desarrolló su primer SAM, también sobre la base del “Wasserfall”, con guía de comando desde tierra por radio enlace, llamado el S-25 “Berkut” (designación OTAN, SA-1 “Guilt”) estuvo operativo en 1956 (Werrell, 2005, p. 91). La alerta de blancos la realizaba el radar R-113 “Kama” desde las 150 Nm y el seguimiento de blancos múltiples estaba a cargo del

---

<sup>15</sup> URSS, acrónimo de Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

radar B-200 “Yo-Yo” hasta las 75 Nm. Los SA-1 se ubicaron en dos anillos alrededor de Moscú, con radios de 24 Nm con 22 lanzadores y 43 Nm con otras 34 rampas (O'Connor, 2012).

Para 1957 los rusos desplegaron secretamente un SAM de largo alcance con 25 Nm y 120.000 ft para defensas de grandes áreas; fue bautizado oficialmente S-75 “Dvina” pero es conocido mundialmente por su designación OTAN, SA-2 “Guideline”. Cada batería con 6 misiles era controlada por el radar de seguimiento SNR-75 “Fan Song” de 78 Nm de rango, en tanto la alerta y adquisición estaba a cargo del 1RL131 “Terek” (OTAN, P-12 “Spoon Rest”) de 76 Nm. Este sistema fue el primer SAM soviético que contaba con procedimientos de derribos totalmente automatizados e integrados electrónicamente, sería el responsable en 1960 del primer avión estadounidense perdido por un SAM guiado por radar (Marshall, 2018, pp. 22-23).

Otro SAM ruso de corto alcance (13 Nm y 75.000 ft.) y defensa puntual fue el S-125 “Pechora” (OTAN, SA-3 “Goa”) compuesto por 3 lanzadores cuádruples, entró en servicio en 1961. Cada batería era guiada por el radar RSN-125 “Low Blow” de 55 Nm, la alerta y adquisición la realizaba el P-15 “Flat Face” de 125 Nm de rango; contaba además con un radar de medición de altura PRV-11 “Side Net” de 15 Nm de alcance (O'Connor, 2012). Según Kopp, los SA-2 y SA-3, se basaron en el misil alemán “Rheintochter” (2006, p. 10).

Para el año 1959, los soviéticos producen un efectivo misil autopropulsado sobre un chasis de blindado GM-578 de alcance y altitudes intermedias (7 Nm y 46.000 ft) para proteger el avance de fuerzas terrestres, fue denominado 2K12 “Kub” (OTAN, SA-6 “Gainful”). La batería incluía 4 vehículos lanzadores con 3 misiles, más un cuarto vehículo con un radar 1S91 “Straight Flush” de búsqueda y seguimiento de 41 Nm. El misil era comandado por radio en su guiado inicial mientras el terminal era a través de un radar semi activo (Werrell, 2005, pp. 150-151).

Mientras este proceso continuaba, en los 50 el diseño de fuerzas “misilísticas” comenzaba cada vez más a ser utilizada; primero cubriendo los papeles que antes pertenecían a los cañones antiaéreos de alto calibre para batir bombarderos a reacción que alcanzaban grandes alturas y en segundo lugar contra los misiles balísticos nucleares, los que empezaban a suplantar a los bombarderos estratégicos.

El continuo avance tecnológico de la aviación fue también vertiginoso durante la década de 1950, los bombarderos suplieron sus motores a hélice por los de reacción que le otorgaban velocidades y niveles de vuelos muy superiores; además se le instalaron nuevas armas guiadas disparadas a distancia. El alcance relativamente corto de 26 Nm y la incapacidad de no poder defenderse contra múltiples objetivos aéreos en formación a alta velocidad dejaron rápidamente

obsoleto al “Nike Ajax”. Estas preocupaciones tácticas, condujeron a un nuevo contrato del gobierno estadounidense para el misil MIM-14 “Nike Hércules” que superaría ampliamente a su predecesor con un alcance de 90 Nm, éste vector empezó a desplegarse en 1959.

Pero a medida que se desarrollaba el “Nike Hércules”, la amenaza que se trasladó de los bombarderos estratégicos a los nuevos Misiles Balísticos Intercontinentales ICBM<sup>16</sup>; dio paso al desenvolvimiento del primer Misil Anti Balístico (ABM<sup>17</sup>), el estadounidense LIM-49 “Nike Zeus”.

Los primitivos misiles de postguerra eran comandados por radio enlace, un sistema torpe y vulnerable a las contramedidas electrónicas que podía derribar a los aviones a altitudes relativamente altas, trayectos estables y velocidades moderadas, pero tenían poca capacidad para derribar blancos de vuelo bajo y alta maniobrabilidad (Werrell, 2005, p. 81).

Otros países también construyeron SAM de primera generación, los británicos pusieron en servicio su primer misil “Bloodhound” en 1958; “Thunderbird” en 1960; y “Seaslug” en 1962 (utilizado sin éxito en Malvinas en 1982). Los franceses trabajaron en el misil radio comandado “Parca” y en el Matra R422-B, los suizos por su parte construyeron el Oerlikon RSD 58.

Durante la Guerra de Corea (1950-1953), los sistemas antiaéreos desplegados fueron básicamente los mismos de finales de la IIGM. Al inicio del conflicto, los norcoreanos estaban mal equipados, la defensa de las áreas interiores se realizó con sólo 20 piezas de 76 mm que carecían de guiado radar. Sobre el fin de la guerra los soviéticos recién les proveyeron varios sistemas de radar de seguimiento de AAA para defenderse de los bombardeos nocturnos de la USAF.

Durante este conflicto; un desordenado diseño de fuerzas mezclaba aeronaves con motor a pistón de la IIGM y nuevos aviones a reacción con diferentes perfiles de vuelo. Los viejos cazas a pistón, como los “Mustang” y “Corsair” tuvieron las mayores pérdidas por acción de las baterías AA que los de a reacción; la causa fue que la mayoría de los sistemas de AAA desplegados eran de uso y doctrina propias de la IIGM; en tanto los de reacción hicieron su propia guerra de perros o “dogfight” con cañones tal cual las dos guerras mundiales por encima de la artillería.

A pocos años del conflicto de Corea, hizo su presentación el primer misil Aire-Aire de corto alcance AIM-9 “Sidewinder” (5 Nm) en la USN en 1956 y luego en la USAF en 1964. Fue desarrollado entre 1946 y 1954, estaba guiado por un buscador pasivo IR<sup>18</sup> construido sobre el modelo austríaco de 1945 apodado “Madrid” y probado por alemanes en el misil “Enzian”.

---

<sup>16</sup> ICBM, acrónimo en inglés de Inter Continental Ballistic Missile (Misil Balístico Inter Continental). Los ICBM poseen capacidad nuclear de diversas potencias explosivas.

<sup>17</sup> ABM, acrónimo en inglés de Anti Ballistic Missile (Misil Anti Balístico).

<sup>18</sup> IR, acrónimo en inglés de Infra-Red (Infra-Rojo).

El 24 de setiembre de 1958 durante la “II Crisis del Estrecho<sup>19</sup>”, se produciría el primer combate aéreo donde pilotos de F-86 “Sabre” de la República China (Taiwán) utilizarían por primera vez en la historia de la aviación militar, misiles guiados A-A “Sidewinder” contra cazas MiG-17 de la República Popular China. La aparición del AAM cambió totalmente la doctrina del combate aéreo cercano haciendo a los cañones aéreos de los cazas, armas de última instancia.

Apenas cuatro días después del primer uso del AIM-9; luego de enfrentar a los F-86 taiwaneses, un caza MiG-17 chino trajo alojado en su cola un valioso trofeo, un misil “Sidewinder” sin detonar. Fue rápidamente cedido a Rusia para su investigación; por ingeniería inversa los soviéticos desarrollaron un arma con similar apariencia, función y guiado IR de 4 Nm de rango, llamado Vympel K-13 (OTAN, AA-2 “Atoll”).

A mediados de los 50, el SAM americano “Mauler” fue cancelado por problemas de peso excesivo y baja movilidad; fue reemplazado por el MIM-72 “Chaparral”, basado en un lanzador de 4 misiles AIM-9C-1, estaba montado sobre un blindado M-113. La adquisición la realizaba el radar de alerta MPQ-49 de 10 Nm de alcance, montado sobre otro vehículo similar. Entró en servicio en diciembre de 1972 luego de una importante demora (Cagle, 1977, pp. 3, 5, 10, 18), pero le otorgó al USARMY una amplia protección aérea móvil a las unidades terrestres.

Otro importante sistema del USARMY que entró en servicio en 1969, lo constituyó el M-163 VADS (Vulcan Air Defense System) basado en un arma de 6 cañones rotativos de 20 mm (M- 61 “Vulcan”) que la USAF había desarrollado en 1959 para sus aeronaves; montado sobre un chasis M-113 y mismo radar de alerta que el “Chaparral”, sumaba un radar telemétrico asociado al arma. Posee una gran cadencia de fuego para cortar corredores de aproximación de aeronaves.

El ZSU-57-2 apodado en la URSS como “Sparka” fue un cañón antiaéreo autopropulsado (SPAAG<sup>20</sup>), montado sobre un chasis a oruga T-54; fue fabricado desde 1955 para la defensa de los regimientos de tanques. Equipado con un doble cañón antiaéreo de 57 mm S-60 AZP mono tubo de la IIGM, poseía guiado por mira óptica y operación manual. En 1972 entró en servicio en Vietnam del Norte para proteger a las fuerzas acorazadas.

El soviético ZSU-23-4 “Shilka” (OTAN, “Gun Dish”) diseñado en 1962; es también un sistema SPAAG con un montaje cuádruple de cañones de 23 mm AZP-23, guiado por un radar de seguimiento RPK-2 “Tobol” de 4,3 Nm de rango. Estaba emplazado sobre un vehículo a orugas GM-575 ligeramente blindado y entró en servicio en el ejército en 1964. Durante la Guerra de Yom

---

<sup>19</sup> Contiende bélica ocurrida entre agosto y setiembre de 1958 que enfrentó a las fuerzas de la República Popular China y a las fuerzas de la República de China por las islas Quemoy.

<sup>20</sup> SPAAG, acrónimo en inglés de Self-Propelled Anti-Aircraft Gun (Cañón Anti Aéreo Auto Propulsado).

Kippur de 1973, el sistema fue particularmente efectivo contra los aviones israelíes (Military Factory, 2018) gracias a la excelente capacidad de seguimiento de objetivos del radar “Tobol”, además de ser relativamente difícil de detectar por los receptores de alerta radar.

Alemania produjo en los 60 su propio SPAAG, el Flakpanzer 1A2 “Gepard” montado sobre un chasis de tanque “Leopard 1”. Se lanzó en 1976 constituyendo la piedra angular de la defensa aérea del ejército y de otros países de la OTAN. Contaba con dos cañones Oerlikon de 35 mm de 2,1 Nm y 13.000 ft de alcance, además estaba equipado con un radar de búsqueda circular y otro de seguimiento de blancos de 7,5 Nm de rango (Chartwell Books Sellers, 2012, p. 298).

La primera generación de misiles Tierra-Aire portátiles de hombro o MANPADS (Man-Portable Air-Defense Systems) comandado por un solo operador, fue el FIM-43 “Redeye” I/II aparecido en 1962. El guiado en vuelo hacia el blanco lo realizaba un buscador (seeker) pasivo en la banda de IR. La versión II, se convertiría a partir de 1972 en el famoso FIM-92 “Stinger” (3 Nm), un buscador más eficiente le permitía filtrar fuentes indebidas y señuelos de calor (bengalas/flare<sup>21</sup>) lanzados por las aeronaves atacadas, dando origen a la segunda generación de MANPADS infrarrojos de los años 80. Es el misil de hombro más vendido y difundido junto al “Strela-2” ruso y al “Mistral” francés, presente en más de 30 países.

Uno de los más famosos MANPADS ha sido el ruso 9K32 “Strela” (OTAN, SA-7 “Grail”) que fue impulsado en 1959 por el desarrollo del “Redeye” americano. Contaba con una cabeza de alto explosivo, el guiado inicial era óptico y el terminal por un buscador pasivo IR; su alcance era de 2,2 Nm y 7.500 ft. Ingresó al servicio en 1966 y se utilizó por primera vez en Vietnam en 1972 en la versión mejorada 9K32-2M “Strela-2” de 1968 (O'Halloran, 2005).

Un total de 10 derribos se atribuyeron a impactos del “Strela-2” entre 1970 y la caída de Saigón en 1975, casi todos contra helicópteros y aviones propulsados por hélices de baja velocidad. Evidentemente los resultados fueron muy pobres; solo dos reactores, un A-4 “Skyhawk” del USMC<sup>22</sup> y un F-5A “Freedom Fighter” de Vietnam del Sur fueron batidos con este misil (Hobson, 2002). En 1974 sale como respuesta a la ineficiencia del “Strela-2”, el 9K32-3M “Strela-3” (OTAN, SA-14 “Gremlin”) con un nuevo buscador IR más resistente a la interferencia provocada por bengalas.

Los británicos produjeron el Shorts “Blowpipe” para el Ejército y los Royal Marines desde 1975; poseía un simple guiado por comando manual por la línea de vista del operador a través de una señal de radio enlace. Este misil de 2,7 Nm fue utilizado tanto por fuerzas argentinas y

---

<sup>21</sup> Flare, en idioma inglés; llamarada o fulguración, resplandor de brillo intenso.

<sup>22</sup> USMC: acrónimo en inglés de United State Marine Corps. (Cuerpo de Infantería de Marina de los EEUU).

británicas durante el Conflicto del Atlántico Sur (CAS), solo un caza británico “Harrier” GR.3 y un Aermacchi MB-339A de la Armada Argentina (ARA) fueron destruidos con este dispositivo (Matassi, 1990, pp. 133-189).

Por la baja efectividad del “Blowpipe”, entró en servicio en 1993 su reemplazante el S-15 “Javelin” con alcances de 2 Nm y 14.500 ft; utiliza un sistema mejorado de guiado asistido por computadora; para 1997 los británicos lanzan el moderno Thales “Starstreak” de 3 Nm de rango, en las versiones de hombro y en lanzador óctuple sobre un blindado a oruga “Stormer”.

Los suecos producen el Bofors/Saab RBS-70 que entró en servicio en 1977, utiliza un guiado de misil semiactivo cabalgado sobre un haz de láser dirigido a través de una mira óptica; posee un importante alcance de 3,5 Nm y 18.500 ft. Está en servicio en 18 países, incluyendo la Infantería de Marina de nuestro país. Desde 2011 se ofrece en su versión NG, adquirida solo por los ejércitos de Brasil (2014) y Suecia.

El francés Matra “Mistral” de 1988, con guiado inicial óptico y terminal por buscador IR, posee 3,2 Nm de rango y 17.100 ft (Novion Boisier, 1999), es utilizado por más de 35 fuerzas en sus tres versiones, incluida la Infantería de Marina de Brasil y la Fuerza Aérea de Chile.

### **Las pérdidas aéreas desde la Segunda Guerra Mundial hasta la Segunda Guerra del Líbano**

Desde la aparición del aeroplano en 1903, cuando los hermanos Wright consumaron “el primer vuelo sostenido y controlado de un aerodino impulsado por un motor” (World Digital Library, 2014), el poder aéreo ha sido un factor cada vez más significativo en los conflictos armados gracias a los continuos avances tecnológicos en el campo aeroespacial, aportando aeronaves militares más complejas, potentes, costosas y poderosas; pero como hemos visto la tecnología avanzó también en el campo de los sistema antiaéreos, otorgándole mayores alcances, precisión y poder destructivo que recrudecen el enfrentamiento entre ambas tecnologías.

La historia y la experiencia de otras y de las propias fuerzas pueden servir de base para investigar dinámicamente la evolución de las pérdidas de aeronaves desde la IIGM y con límite de tiempo hasta la II Guerra del Líbano entre fuerzas israelíes y la agrupación Hezbollah en 2006.

En definitiva, utilizaremos el método histórico junto al lógico, para analizar la trayectoria de las pérdidas aéreas en combate y luego con el método empírico sobre una base estadístico-probabilista para inferir el dimensionamiento de una fuerza aérea con capacidad de

sobrevivir y prolongar su esfuerzo de guerra. El método empírico-analítico utilizado para el diseño y desarrollo de la capacidad SEAD se resume en el Anexo 11.

Elaborada con distintas fuentes, la Ilustración N° 1 muestra una estimación de las pérdidas de aeronaves durante conflictos bélicos, campañas y operaciones desarrolladas entre la IIGM y la II Guerra del Líbano de 2006 donde se ha utilizado en forma intensiva el poder aéreo.

Pérdidas estimadas de Aeronaves en Conflictos Bélicos (II Guerra Mundial - II Guerra del Líbano)									
Conflicto/Campaña Aérea	Fuerza Ataque	Años	Ref.	Total Salidas	Salidas de Combate (b)	Pérdidas de Combate (a)	Tasa de Pérdidas (At.= a / b)	Ranking de Pérdidas Aéreas	
II Guerra Mundial	USAAC/F	1940-1945	a	S/datos	2.498.283	19.030	0,762%	8	
Batalla de Inglaterra - Luftwaffe	Luftwaffe	01 Jul - 08 Oct 1940	q	S/datos	42.350	1.178	2,782%	3	
Blitz (sólo Bombarberos) - Luftwaffe	Luftwaffe	Oct 40 - May 41	q	S/datos	39.150	518	1,323%	5	
Guerra de Corea	USAF	1950-1953	a	S/datos	591.693	1.253	0,212%	14	
Guerra de los 6 días	IAF	5 Jun - 10 Jun 1967	c	S/datos	3.300	78	2,364%	4	
Guerra de Vietnam	USAF	Ago 1964 - Abr 1975	a	3.700.000	219.407	1.437	0,655%	10	
Operación Rolling Thunder (Vietnam) - USAF	USAF/USN	2 Mar 1964 - 2 Nov 1968	b/e		32.780	922	2,813%	2	
Operación Linebacker I (Vietnam) - USAF	USAF/USN	9 May - 23 Oct 1972	j	-----	41.000	134	0,327%	13	
Operación Linebacker II (Vietnam) - USAF	USAF/USN	18 - 29 Dic 1972	b		3.000	28	0,933%	6	
Guerra de Yom Kippur	IAF	6 - 26 Oct 1973	c	11.000	11.000	86	0,782%	7	
Conflicto Indo-Paquistaní	InAF	3 - 16 Dic 1971	l	S/datos	5.875	44	0,749%	9	
	PAF				2.870	15	0,523%	12	
Operación Paz p/Galilea - Valle del Bekaa	IAF	6 - 8 Jun 1982	d	S/datos	S/datos	-	0,000%	20	
Conflicto del Atlántico Sur (CAS)	FAA	1 May - 14 Jun 1982	h/i	m/n/o/p/r	682	272	34	12,500%	1
	RAF/RN				2.002	1.566	10	0,639%	11
Operación Desert Storm - Guerra Golfo I	Coalición	17 Ene - 28 Feb 1991	f	109.876	42.600	39	0,092%	16	
Operación Fuerza Deliberada - Bosnia	OTAN	30 Ago - 20 Set 1995	a	3.515	2.451	3	0,122%	15	
Operación Fuerza Aliada - Kosovo	OTAN	24 Mar - 10 Jun 1999	a/f	38.004	10.484	7	0,067%	17	
Operación Iraqi Freedom - Guerra Golfo II	Coalición	20 Mar - 1 May 2003	a	41.404	20.733	1	0,005%	19	
II Guerra del Líbano	IAF	12 Jul - 14 Ago 2006	k	4.500	4.500	2	0,044%	18	

Fuentes: elaboración propia con datos de:

a) Christopher Bolkom, "Military suppression of enemy Air Defence (SEAD): Assessing Future Needs", CRS Report for Congress, mayo 2005, p.4.  
b) ESGA, Desde el Dogfight hasta losUCAVs: Evolucion del Poder Aereo", RESGA, Buenos Aires, Argentina, 2002.  
c) Rebecca Grant, "The Bekaa Valley War", Air Force Magazine, Vol. 85, No. 6, Junio 2002, p 58/59. (<http://www.afa.org/magazine/june2002/0602bekaa.pdf>)  
d) David Rodman, "Defense and diplomacy in Israel's national security experience : tactics, partnerships, and motives", Sussex, UK, 2005, p.50 ([www.sussex-academic.co.uk/pdfs/rodman\(extract\).pdf](http://www.sussex-academic.co.uk/pdfs/rodman(extract).pdf))  
e) Rubén O. Moro, "El Poder Aéreo hacia el próximo milenio", Bilibito. Nac. Aeronáutica, Vol 60, 1999, Buenos Aires, Argentina, p. 91.  
f) Major James E. Thigpen, United States Marine Corps, "Abstract MAGTF Air Defense And Maneuver Warfare", 15 May 1989, CSC 1989, SUBJECT AREA - Aviation, cap I, p. 5.  
g) Col. Robert C. Owen (USAF), "Deliberate Force", Air University Press, Maxwell AFB, Alabama, enero 2000. p. 341.  
h) Información Oficial de la Pág. WEB de la Fuerza Aérea Argentina.  
i) Francisco P. Matassi, "La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas", ESGA, octubre 1990.  
j) Juan Pablo Cardenal, El Mundo Magazine, Artículo: "Vietnam en 50 fotos explosivas", Madrid, España, 2000, (<https://www.elmundo.es/magazine/m30/textos/vietnam7.html>)  
k) Arie Egoz, Revista Flight International, Artículo: "Israeli air power falls short as offensive in southern Lebanon fails to halt Hezbollah rocket attacks", Tel Aviv, Israel, 01 agosto 2006, (<https://www.elmundo.es/magazine/m30>)  
l) Col. Singh Mandeep (Indian Air Force), "On the Efficacy of Air Defence Artillery in India-Pakistan Wars", Delhi Defence Review War and Ideas, India, febrero 2017.  
m) "Falklands Air War". Archivo original del 20 Ene 2011. 15 May 2007.  
n) Peter R. March, "The Vulcan Story", 2006, Sutton Publishing/Vulcan to the Sky trust; p. 67.  
o) John Nott, "The Falklands Campaign", United States Naval Institute Proceedings May 1983 p.122  
p) Jeffrey Ethell and Alfred Price, "Air War South Atlantic", Macmillan Publishing Company, 1987, pp. 248-251  
q) Eagles in flames, the fall of the Luftwaffe, E. R. Hooton, Edit. Arms and Armour, London, England, 1997, p.14 y 33.  
r) Rubén O. Moro, "Historia del Conflicto del Atlántico Sur", ESGA, Vol 2, 1997, Buenos Aires, Argentina, p. 338.

Ilustración N° 1: Pérdidas estimadas de Aeronaves en Conflictos Bélicos (II GM - II Guerra del Líbano).

Aunque sin llegar a analizar las circunstancias y los complejos entornos operacionales y disímiles escenarios de cada uno de estos conflictos o campañas que los hacen únicos; nos concentraremos sólo en los resultados finales, haciendo hincapié en las pérdidas de aeronaves como resultado de la eficiencia operacional que influye sobre el resultado final de la batalla aérea; donde la Tasa de Atrición<sup>23</sup> (At.) representa fríamente el porcentaje de aeronaves perdidas.

Se incluyeron también algunas campañas relevantes donde el poder aéreo fue intensamente utilizado como la "Batalla de Inglaterra" y la "Blitz" sobre Londres en manos de la Luftwaffe en la IIGM y las Operaciones "Rolling Thunder", "Linebacker I y II" llevadas a cabo por la USAF en la prolongada Guerra de Vietnam.

<sup>23</sup> Tasa de Pérdidas o de Atrición (At.) es el cociente entre las Pérdidas en Combate (a) y el total de las Salidas de Combate (b).

La “Batalla Aérea de Inglaterra” enfrentó a dos fuerzas numérica y tecnológicamente casi equilibradas pero de diferente diseño; fue una campaña de bombardeo llevada a cabo por la Luftwaffe para destruir a la RAF antes de lanzar la Operación anfibia “León Marino” en el sur de Inglaterra. Ejecutada de julio a octubre de 1940, los masivos ataques de bombarderos alemanes contra aeródromos, fábrica de aviones y depósitos de municiones y combustibles, fueron repelidos por la RAF gracias a la larga preparación que desde los años 30 el país venía realizando para prevenir el “vuelo impune” de los bombarderos germanos que habían incursionado en la IGM.

La eficiente acción de la “Home Chain”, la caza y artillería británica, logró destruir 1.178 aeronaves alemanas, el 2,78% de la fuerza ofensiva en 42.350 salidas de combate ejecutadas (Hooton, 1997, p. 14) sobre el archipiélago sajón.

Por su atrición, esta batalla es considerada una de las más sangrientas de la historia del poder aéreo; la Luftwaffe que disponía de un stock inicial de 3.272 aviones al 29 de junio de 1940; perdió entre julio y setiembre de 1940, el 47% de los cazas mono motores, el 66% de los bimotores, el 45% de los bombarderos convencionales y el 21% de los bombarderos en picada; contabilizando 1.462 derribos por acción de la caza y AAA británica más las pérdidas operacionales, estas representaron en total el 45% de las aeronaves germanas disponibles (Higham, 1994, p. 102).

Por el lado británico las mermas de aviones de caza de la RAF también fueron muy altas; alcanzando las 1.023 unidades inutilizadas (Correll, 2008, p. 66). Con 1.139 aviones de caza en su arsenal, la RAF disponía para el 9 de agosto de 715 aviones listos para usar y otros 424 en almacenamiento. La alta capacidad de producción de la industria aeronáutica británica que reemplazaba constantemente las altas pérdidas de cazas logró derrotar a la Luftwaffe el 12 de octubre de 1940, cuando Adolf Hitler suspende la Operación “León Marino” para mayo de 1941.

La segunda campaña de bombardero estratégico de la Luftwaffe se inicia inmediatamente en los primeros días de noviembre de 1940, ya no contra la RAF sino dirigida hacia las ciudades e infraestructura británica para colapsar su moral y capacidad de combate al mejor estilo “Douhet”; llamada “Blitz” se extendió hasta mayo de 1941; se materializaron 39.150 salidas de bombarderos que costaron 518 aviones, casi la mitad de las pérdidas de la campaña anterior, pero mejorando la efectividad operacional con una atrición del 1,32% ubicándose en el 5° puesto (Hooton, 1997, p. 33) de la tabla.

Durante la IIGM, el USAAC/F<sup>24</sup> perdió 19.030 aviones sobre el impresionante total de 2.498.283 salidas de combate entre el frente oriental y occidental, pero diferente a lo que se hubiera esperado sobre la atrición, esta fue menor al 1% (0,762%) en toda la IIGM (Bolkcom, 2005, p. 4).

La prolongada y poco eficaz operación de bombardero “Rolling Thunder” entre marzo de 1964 y noviembre de 1968, registró la atrición más alta de la historia de la USAF con el 2,81%, posicionándola en el 2º lugar (Escuela Superior de Guerra Aérea, 2003) producto del accionar de los sistemas AAA vietnamitas. Pero si distribuimos las pérdidas con las Salidas de Combate durante todo la Guerra de Vietnam, dicho valor desciende al 0,655%, alcanzando la 10º posición.

Para no repetir el fracaso de “Rolling Thunder”, EEUU planeó la mayor operación aérea de bombardeo intensivo desde la IIGM, “Linebacker II” fue llevada a cabo con aviones B-52 sobre Vietnam del Norte entre el 18 y 29 diciembre de 1972. Sus planificadores estimaban una importante tasa de atrición de hasta el 5% debido a las fuertes defensas alrededor del eje de la capital Hanói y el puerto de Hai Phong; pero la intensa supresión de defensas AA, logró que la tasa fuera sólo del 0,867% (puesto 6º) con 16 bombarderos B-52 y 12 aviones tácticos derribados en 3.000 salidas.

El conflicto de diciembre de 1971 entre India y Paquistán, con una clara paridad de atrición entre oponentes evidenció un equilibrio de poder aéreo en cantidad y calidad tecnológica, la Fuerza Aérea India alcanzó una atrición de 0,749% (puesto 9º) en tanto la paquistaní el 0,523% (puesto 12º) (Mandeep, 2017). En el 3º puesto la Guerra de los Seis Días (junio 1969) con 2,36% la Fuerza Aérea Israelí (FAI) registró 78 bajas sobre 3.300 misiones (Grant, 2002, p. 58/59).

Según cifras oficiales, en el CAS la Fuerza Aérea Argentina (FAA) alcanzó una significativa atrición del 12,5%, con 34 aeronaves abatidas en 272 salidas de combate (Matassi, 1990, p. 287) que la ubica en la primera posición. En tanto, las fuerzas británicas con 1.566 salidas de combate<sup>25</sup> sobre un total de 2.002, la atrición fue del 0,639% con 10 aviones perdidos, ubicándose en el 11º puesto. Cabe destacar que ésta abultada atrición, sufrida por la FAA, incluye la totalidad de las aeronaves de la fuerza que fueron destruidas en todo el conflicto tanto en tierra, en accidentes operacionales y en el aire por acción por las armas antiaéreas del enemigo. Cifra oficial del 12,5% que a nuestro entender, no representa una aproximación precisa de la lucha entre la aviación militar argentina y las armas antiaéreas británicas durante el conflicto; tasa que será reestimada en el próximo capítulo a través de la metodología propuesta en este estudio.

---

<sup>24</sup> USAAC/F acrónimo en inglés de United State Army Air Corps/Force, Cuerpo Aéreo del Ejército de los Estados Unidos desde 1926 hasta 1942 cuando fue convertido en las Fuerzas Aéreas del Ejército de los Estados Unidos (USAAF) hasta 1947, con la creación de la actual Fuerza Aérea (USAF).

<sup>25</sup> Se contabilizaron sobre las salidas de aviones FRS.1/GR.3 “Harrier”; Avro 698 “Vulcan” B.2; K.2 “Victor”; MR.2 “Nimrod” y C.1 “Hercules”.

La FAI en la Operación “Paz para Galilea” (Valle de Bekaa), ocurrida en junio del 82; ejecutó una operación aérea ofensiva muy planificada y con sistemas aéreos avanzados donde no sufrió pérdida alguna. (Rodman, 2005, p. 50). La FAI atacó y destruyó en 5 días de combate, 19 sitios SAM y derribó en el aire 82 aviones de combate sirios (Grant, 2002, p. 61).

En 1991 una Coalición Internacional recuperó Kuwait, dirigidos por los EEUU orquestaron una fabulosa Campaña Aérea inspirada en algunos aspectos en las enseñanzas de los israelíes sobre el Valle de Bekaa. Los integrantes de la coalición, con amplia diferencia tecnológica, destruyeron en los primeros tres días de combate, todas las defensas antiaéreas y al sistema de comando de Irak, alcanzando el “vuelo impune en niveles de vuelo medio y alto” (Silva M. Á., 2003, p. 40). Este rápido y eficaz accionar, fue el resultado final de lo aprendido por la USAF en Vietnam y enriquecido por la FAI en “Paz para Galilea”, que generó una nueva forma de hacer la guerra aérea, que tiene como principal objetivo reducir los índices de atrición a su mínima expresión, con apenas un 0,09% y 39 aviones caídos en 42.600 salidas de combate (Thigpen, 1989).

La misma doctrina fue aplicada durante la Operación “Irak Freedom” en marzo de 2003, la nueva Coalición obtuvo una atrición de 0,005%, una de las más bajas de todas las analizadas (puesto 19°). En tanto la II Guerra del Líbano, donde la FAI entre julio y agosto de 2006 atacó posiciones de cohetes de la agrupación Hezbollah, realizó 4.500 misiones con solo 2 aparatos caídos en 32 días de batalla, logrando también una muy baja atrición del 0,044% (puesto 18°).

Del total de 15 conflictos/operaciones analizadas, podemos deducir que solo 4 de ellos exceden el 2% de pérdidas, Guerra de los 6 Días (2,36%) para la FAI, la Luftwaffe en la Batalla de Inglaterra (2,78%), Operación “Rolling Thunder” (2,81%) de la USAF/USN durante Vietnam y la FAA durante el CAS (12,5%), también esta última fuerza fue la única en superar el 10% de atrición.

### **La problemática de los Sistemas de Defensa Antiaérea enemigos para las Operaciones Aéreas Ofensivas**

En julio de 1965 los medios aéreos de la USAF, USN, USMC y USARMY desplegados en Vietnam se enfrentaron por primera vez en un teatro de operaciones no convencional, con características híbridas contra fuerzas regulares de la República Popular de Vietnam del Norte (RPVN) y las irregulares del Vietcong. Aunque a nuestro entender el teatro aéreo fue una típica batalla aérea convencional, los estadounidenses enfrentaron esta guerra con un diseño de fuerzas aéreas preparadas para combatir al Pacto de Varsovia en un teatro dimensionado a escala mundial, muy diferente a lo que encontraron en el sudeste asiático.

La tecnología trajo consigo muchas ventajas, las más significativas fueron la precisión de las armas (primer uso de bombas aéreas guiadas), la alta movilidad y un mayor poder de fuego. La potencia aérea de los norteamericanos fue la manifestación más importante y visible de estas tecnologías; en respuesta los guerrilleros del Vietcong instalados al norte de Vietnam del Sur se apoyaron en las operaciones de dispersión, camuflaje, movilidad y nocturnidad para neutralizar el impacto del poder aéreo con ataques directos a los aeródromos militares con armas terrestres.

En tanto que las fuerzas regulares de la RPVN, apoyadas militarmente por la Unión Soviética y China, estructuraron un diseño de fuerzas aéreas de carácter netamente convencional y defensivo al estilo británico de la IIGM, pero incorporando el nuevo diseño de misiles SAM de medio y largo alcance para enfrentar a la mayor potencia aérea del mundo, con el objetivo de minimizar las pérdidas de la capacidad económica nacional para hacer frente al esfuerzo de guerra.

Hasta 1965, recibieron material de tecnología soviética y asesores militares de defensas aéreas de Rusia y China; esta última proveyó 36 cazas MiG-17 y 4 MiG-15. En tanto los soviéticos, entregaron una importante cantidad de baterías SA-2 y SA-3; además de un gran número de piezas de los años 40 de diferentes calibres y múltiples ametralladoras antiaéreas (Military Factory, 2018). El cañón de 57 mm con guiado radar junto al de 100 mm y los SAM, fueron la columna vertebral de la defensa aérea de Hanói. La protección de las fuerzas terrestres se hacía con viejos blindados de artillería autopropulsados ZSU-57-2 y una variedad de viejas piezas antiaéreas.

La alerta temprana aérea y el guiado de los cazas interceptores del SDA estaban a cargo de radares P-35 “Bar Lock” con 215 Nm de rango. La búsqueda y adquisición de las baterías SA-2 y SA-3 estaban a cargo de los radares P-12 “Spoon Rest” y P-15 “Flat Face” respectivamente.

A diferencia del proceso de la “Home Chain”; en los 60 la AAA podía de forma más rápida y precisa; detectar, seguir y destruir un blanco que volaba entre casi 2 y 3 veces más que los niveles de vuelo y velocidades desarrolladas por los aviones de la IIGM (Ej. B-29, 31.500 ft a 300 Kts<sup>26</sup> y un B-52, 50.000 ft a 565 Kts de velocidad terrestre). Los tiempos del proceso entre la detección y el derribo (ciclo de reacción) de la defensa antiaérea; se redujeron notablemente con la “automatización” gracias a que casi todos los componentes se encontraban vinculados electrónicamente.

Estos sistemas fueron los primeros intentos de diseñar un verdadero Sistema de Defensa Aéreo Integrado (SDAI); conseguido recién en los años 80; donde todo el proceso se encuentra completamente integrado por la electrónica y automatizados a través de computadoras.

---

<sup>26</sup> Kts, abreviatura en inglés de Knots (Nudo): Los nudos son una medida de velocidad que utilizan millas náuticas por hora. Esta unidad se utiliza por lo general en el transporte marítimo y en la aviación.

Las fuerzas aéreas norteamericanas se encontraron en Vietnam entre junio de 1965 y diciembre de 1966, con una enérgica defensa aérea norvietnamita. Se dispersaron 25 baterías SA-2 entre Hanói y el puerto de Hai Phong que fueron identificadas recién a finales del 65. El 24 de julio de ese año los equipos soviéticos dispararon por primera vez los SA-2 y para fines del 66 se habían emplazados cerca de 150 sitios más en Vietnam del Norte. Los sitios radar habían crecido a más de 100, con una mezcla de alerta y seguimiento asociados a cañones y SAM (Global Security, 2014).

En julio de 1965, solo en el primer mes de operaciones aéreas sobre Vietnam, los norteamericanos fueron sorprendidos por los SA-2; le propiciaron 1 derribo por cada 2 misiles lanzados durante dicho mes; pero a fines del año el promedio fue de 11 derribos sobre 194 SA-2 lanzados, la efectividad del SDA enemigo ese año fue un significativo 5,6% (Dickson, 1987, p. 29).

Ante este escenario desfavorable y a pedido expreso del gobierno, la industria electrónica estadounidense comenzó a trabajar intensamente en la producción de equipos aerotransportados que alertaran especialmente a las tripulaciones sobre la presencia del radar de seguimiento “Fan Song”; dado que si se éste se detectaba en vuelo significaba que un SA-2 sería lanzado o estaría en persecución hacia un avión americano.

Los equipos que recibían la señal radar y alertaban en forma simplificada a los pilotos fueron llamados Receptores de Alerta Radar o en inglés Radar Warning Receiver<sup>27</sup> (RWR); se instalaron muy rápida e improvisadamente sobre los viejos cazas F-100F “Super Sabre” y de ataque F-105D/F “Thunderchief”, además en los flamantes cazas F-4C “Phantom II” y en los bombarderos B-52 “Stratofortress”, los que ya habían sufrido varios derribos.

Fueron también desarrolladas barquillas o pods<sup>28</sup> subalares con sistemas de interferencia para Ataque Electrónico (AE) que emitían señales de perturbación contra los receptores de los radares de seguimiento y control “Fan Song” y “Low Blow”.

Una modificación del viejo interferidor ALQ-51; instalados internamente en aviones fotográficos RF-101C “Voodoo”; estuvo listo en configuración de barquilla externa en marzo de 1965 para ser emplazada en aviones de ataque A-4M “Skyhawk” (USMC), A-6 “Intruder” (USN) (Nalty, 2013, pp. 57-58) y en los “Phantom II” (USAF) para perturbar y degradar las señales de radar de los SA-2; mientras que una versión mejorada del QRC-160 en configuración pod externo,

---

<sup>27</sup> RWR, acrónimo en inglés de Radar Warning Receiver (Receptor de Alerta Radar); es un equipo de aviónica embarcado con capacidad de detectar y recibir señales de radiofrecuencias, para advertir a las tripulaciones sobre la presencia de señales de sistemas de radar, ubicados en superficie o en el aire, asociado a sistema de misiles o de cañones de artillería antiaérea, considerados una amenaza.

<sup>28</sup> Pods, en inglés, vaina. Término técnico para denominar barquillas subalares o debajo del fuselaje, instaladas en aeronaves que contienen armamento y equipo de uso militar electrónico y/u óptico sensible, generalmente para tareas de reconocimiento, seguimiento y designación de blancos aéreos y de superficie.

fueron masivamente colocados hacia diciembre de 1966 en los multirol F-105D/F “Thunderchief”; dando así un paso adelante para contrarrestar la amenaza SAM (Dickson, 1987, p. 28).

La tercera tecnología que aplicaron contra los SAM, fueron los lanzadores internos de laminillas metálicas conocidas como “chaff<sup>29</sup>”, medidas pasivas utilizadas desde la IIGM para perturbar o engañar a los radares enemigos, simulando blancos ilegítimos puestos como señuelos.

Por necesidad y a pedido de las FFAA estadounidenses surgió una nueva arma para neutralizar radares enemigos; el Misil Anti-Radiación” (ARM<sup>30</sup>) desarrollado sobre la base de dos misiles existentes; el Aire-Aire AIM-7 “Sparrow” de los cazas F-4 de la USAF y el RIM-66 un SAM que equipaba a buques de guerra de la USN.

La particularidad de esta arma de “concepto innovador” responde a que sus receptores semi activos fueron reemplazados por pasivos, enmarcados en las bandas de los radares enemigos, que le permiten montarse durante su vuelo sobre el haz de la señal de RF emitida por el radar víctima, hasta detonar por proximidad sobre las antenas de los radares adversarios.

El primer ARM operativo fue el AGM-45 “Shrike”, entró en servicio en abril de 1966 en los adaptados F-105F de la USAF; en tanto el AGM-78 “Standard” con mejores prestaciones de alcance, sensibilidad y letalidad, fue integrado en los aviones de ataque A-4E “Skyhawk” y EA-6B “Prowler” de la USMC a partir de marzo del 68 para realizar específicamente operaciones SEAD.

Los primeros ataques aéreos ofensivos llevados a cabo en Vietnam contra los SA-2 y SA-3, fueron ejecutados por aeronaves F-100F “Super Sabre” equipados con el flamante RWR APR-25/6 y armamento convencional como cohetes y bombas. Incursiones que se iniciaron en octubre de 1965; luego de que sus tripulaciones fueran evaluadas y adiestradas en un centro aéreo especializado en la Base Aérea “Langley” (Estados Unidos).

Lamentablemente, los F-100F “WW” eran muy viejos y lentos para hacer frente a los SAM, esta falta de capacidad de supervivencia produjo el 20 de diciembre de 1965 el primero de varios derribos al intentar suprimir los SA-2. Estas primeras misiones de supresión de defensas hasta los primeros meses de 1966 fueron bautizadas “Iron Hand” (mano de hierro) pero preponderó el apodo de “Wild Weasel<sup>31</sup>” dado a los escuadrones de F-105D (Nalty, 2013, pp. 41-43).

---

<sup>29</sup> Chaff, originalmente llamada "windows" por los británicos en IIGM, es una contramedida de radar en la que aviones u otros objetivos extienden una nube de pequeñas y delgadas piezas de aluminio, fibra de vidrio metalizada (fibra) o plástico, que aparece como un grupo de objetivos primarios en las pantallas de radar o inunda la pantalla con múltiples retornos con el objetivo de interferir al radar o engañar a los operadores.

<sup>30</sup> ARM, acrónimo en inglés de Anti Radiation Missile (Misil Anti-Radiación).

<sup>31</sup> Wild Weasel, en inglés “comadreja salvaje”.

Con una mejora en la capacidad SEAD (y no como un verdadero diseño de fuerzas) entre abril y mayo del 66 llegaron al frente 86 aeronaves de ataque F-105F (ex D) reconvertidas en la configuración “Wild Weasel II” que le permitía portar dos “Shrike”; a partir de marzo de 1968 se le incorporó la capacidad de lanzar los “Standard” (Nalty, 2013, p. 48).

Las facilidades electrónicas se completaban con dos RWR, el APR-25/6 y el nuevo ALR-31; dos dispensadores internos de chaff/flare y dos pods interferidores externos ALQ-105 especialmente desarrollado contra los “Guideline”. Los F-105F y F-100F “WW” operarían juntos por varios meses en el rol de SEAD, iniciando la etapa “Wild Weasel II” hasta octubre de 1966 cuando los nuevos EF-105G “WW” dan comienzo a la fase “Wild Weasel III”.

Como complemento a la lucha contra los SA-2, hacia mayo de 1965 la USAF desplegó al sudeste asiático los viejos bombarderos B-66 “Destroyer”; reconvertidos entre 1954 y 1957 en dos versiones de reconocimiento, el RB-66A fotográfico y el RB-66B electrónico; y el EB-66C “Brown Candle” de Apoyo y Ataque Electrónico (Nalty, 2013, p. 19).

Los EB-66C arribados a Vietnam recién a inicio del 66; fueron aeronaves “dedicadas” para tareas de interferencia; equipadas con poderosos perturbadores “stand off<sup>32</sup>” para escolta electrónica de bombarderos (Arreita & Smith, 1983, p. 20) cegaban a los radares de alerta temprana y a los de control de fuego (Dickson, 1987, p. 30) de los misiles SA-2 y SA-3.

A fines de 1966, el USMC desplegó aviones EA-6A “Electric Intruder” para operar desde portaviones, fueron una modificación de los biplazas de ataque A-6 “Intruder”, que podían portar dos AGM-45 e interferidores “stand off” para el rol SEAD (Werrell, 2005, p. 123).

Según Dickson (1987, p. 29) solo se produjeron en 1966, 31 derribos de aeronaves sobre 1.096 disparos de SA-2, otorgándole una probabilidad de derribo del 2,8% a los vietnamitas; esto equivalía a 35 misiles disparados por avión abatido (De Arcángelis, 1983, p. 225).

Comparando contra el desastroso resultado de 3 misiles lanzados por avión derribado de julio de 1965, y la probabilidad anual de derribo de 1965 del 5,6%; se puede concluir que hacia fines de 1966 se logró bajar a la mitad la efectividad de los SA-2 vietnamitas; cayendo del 5,6 al 2,8% a pesar del notable incremento del número de 60 a 150 baterías SA-2, instaladas en menos de dos años y del esfuerzo soviético de mejorar la protección electrónica de sus radares con nuevas tecnologías para contrarrestar las interferencias y engaños propiciados por los estadounidenses.

---

<sup>32</sup> Stand off, término utilizado para describir cualquier operación aérea fuera del alcance efectivo de los misiles/armas de tubo o radares enemigos.

En definitiva, durante 1965, el RPVN disparó 109 misiles SA-2, derribando 13 aparatos estadounidenses, demostrando una efectividad de 8 misiles lanzados por avión alcanzado; pero para 1966 la efectividad vietnamita caería a la mitad ya que necesitarían 6 veces más de disparos para batir 34 aparatos.

Para 1967 y 1968 la efectividad vuelve a caer a 31 misiles por aparato, gracias a los esfuerzos realizados en materia SEAD que lograron disminuir a un cuarto de lo demostrado en 1965; en especial en 1967 se lanzaron casi 1.900 misiles. Entre el 70 y el 73 los valores se mantuvieron casi constantes, próximos al promedio de 26 impactos por avión, inclusive cuando el número de lanzamientos alcanzara el pico de 2.032 anuales en 1972 (Hampton, 2015, p. 368).

Efectividad de Combate de los SA-2 "Guideline" en Vietnam 1965 - 1973.										
Año	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	Total
Misiles disparados	109	590	1.894	376	16	23	136	2.032	72	5.248
Aeronaves reclamadas	87	186	411	96	2	2	32	415	62	1.293
Aeronaves perdidas	13	34	61	12	-	1	7	72	3	203
Misiles por aeronave derribada (efectividad)	8	17	31	31	-	23	19	28	24	26

Fuente: Departamento de Defensa de los EUA y Centro para Analisis Naval de la Armada de los EUA. (The Hunter Killer, Dan Hampton, 2015, USA)

Ilustración N° 2: Efectividad de Combate de los SA-2 "Guideline" en Vietnam 1965 – 1973 (D. Hampton).

Con las fuertes pérdidas de combate que sufrió el inventario de F-105 “Thunderchief”, surgió en 1965 la necesidad de disponer de un avión más sofisticado para tareas WW. El reemplazo del exitoso EF-105G WW fueron 36 nuevas células de F-4C “Phantom II”, designadas EF-4C “Wild Weasel IV” arribaron a Vietnam en marzo del 69 con nuevos y potentes pods multibandas para interferencia y engaño ALQ-119 que casi anularon los lanzamientos de SA-2 hasta 1971.

En julio del 71 llegan los primeros cuatriplazas SEAD EA-6B “Prowler” en dos escuadrones tácticos, embarcados en los portaviones de la USN; poseía una mayor capacidad de interferencia y dos puestos más de operadores de contramedidas electrónicas (Van Nederveen, 2003, p. 14). Su éxito desde Vietnam hasta el 2009 fue gracias al sistema ALQ-99, un pod “stand off” de interferencia y engaño electrónico integrado; capaz de interceptar, procesar e interferir automáticamente múltiples señales de RF en un amplio espectro.

Posteriormente los efectivos ALQ-99 serían instalados en los EF-111A “Raven” de Ataque Electrónico de la USAF; en la actualidad equipa al SEAD Boeing EA-18G “Growler”, reemplazo del veterano EA-6B desde 2009 en la USN (Chang, 2018). Los EF-4C “WW IV” y “Prowler” serían por excelencia los aviones SEAD hasta la retirada de EEUU de Vietnam en 1974.

La última versión “Wild Weasel V” de la USAF, que respondía a un real diseño de fuerzas SEAD fue el EF-4G, pero realizaron su primer vuelo en 1975 ya finalizada la guerra; estaba

equipado con un avanzado y sofisticado RWR APR-38 con capacidad de seguimiento de señales (Stiles, 1990, p. 3), el pod ALQ-119 y capacidad para lanzar el nuevo ARM AGM-88 “HARM” y los misiles Aire-Tierra AGM-65 “Maverick”; fueron retirados en 1996 (Wolff, 2014).

Post Vietnam, la USAF decidió retirar a los antiguos EB-66C/E en tareas SEAD en 1974; el programa “Tactical Jammer System” desarrollado entre 1981 y 1985, entregó 42 aparatos bautizados EF-111A “Raven” (Van Nederveen, 2003, pp. 84-85) empleados principalmente como interferidores “stand off” en todas las operaciones de la USAF hasta que fueron retirados en mayo de 1998. Los EA-6B “Prowler” fueron la columna vertebral de las tareas SEAD y la interferencia “stand off” de las FFAA estadounidenses desde la desactivación de los “Raven” de la USAF.

Desafectados del servicio los últimos EF-4G “WW V” en 1996 de la USAF, fueron sustituidos por los cazas monoplaza F-16C “Fighting Falcon” hacia finales del año 91; designados de forma extraoficial como F-16CJ “Viper” o “Super Weasel” hoy tienen a cargo además de otras tareas A-S, realizar las misiones SEAD gracias al sistema ASQ-213 “HARM Targeting System”; que le permite cargar y disparar automáticamente dos “HARM” (Wolff, 2014).

Los primeros “Prowler”, con 30 años de servicio activo, fueron recién apartados por la USN en mayo de 2015, en tanto que en el USMC operaron hasta marzo de 2019. Bajo el programa de modernización de los cazas navales multirol F-18 “Hornet” de la USN, se modificaron algunos nuevos “Super Hornet” a la versión de Ataque Electrónico EA-18G “Growler” en relevo de los “Prowler”. Ingresaron en servicio activo en 2009 equipados con dos clases de pods de interferencia “stand off”, el nuevo ALQ-218 y la última versión de los veteranos ALQ-99 (V) que junto a la nueva versión “E” del “HARM”, hoy son los más poderosos aviones SEAD de EEUU, ambos pods contarán pronto con inteligencia artificial a bordo para el análisis de señales electrónicas.

El Lockheed Martin F-35A “Lightning II”, avión de combate polivalente furtivo de V Generación fue introducido por la USAF en 2016, reemplazará gradualmente a los F-16CJ “Viper” en tareas SEAD; pese a que las variantes de misiles “HARM” hoy utilizadas por la USAF no pueden ser transportadas en las bahías internas del avión; modificación que se completará en 2022.

El F-35A posee el más moderno sistema integrado de autoprotección de BAE Systems ASQ-239, con un RWR interferométrico ELINT que le proporciona advertencia radar totalmente automática con una innovadora cobertura esférica todo aspecto, además de protección a través de todos los subsistemas de chaff/flare, interferidores internos multibandas y señuelos remolcables.

Los esfuerzos para hacer que el F-35A se convierta en un “Wild Weasel” recae hoy en el programa conjunto, llamado “Advanced Anti Radiation Guided Missile Extended Range -

AARGM-ER” iniciado en 2018 que tiene como objetivo un nuevo “HARM” de última generación con un rango extendido al doble (150 Nm) que la versión “E”, una mayor efectividad contra las amenazas emergentes y avanzadas junto a una mejor capacidad de supervivencia electrónica (Palowski, 2017) además de ser de uso interno en bodega; entraría en servicio en 2022.

La FAI fue la primera en utilizar en combate sus F-35A contra fuerzas iraníes emplazadas en Siria. El primer ataque, contra los lanzadores de cohetes múltiples BM-27 “Uragan” ubicados al norte de Damasco, fue en respuesta al lanzamiento de éstos contra posiciones militares israelíes en los Altos del Golán (Ari Gros, 2018).

El segundo empleo, en mayo de 2018 fue una operación SEAD contra SAM sirios S-200VE “Vega-E” (SA-5B “Gammon”), 9K37 “Buk” (SA-17 “Grizzly”) y Pantsir-S1 (SA-22 “Greyhound”) que dispararon sin éxito algo más de 100 misiles SAM contra los aviones israelitas (Leone, 2019).

### **Las operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas (SEAD)**

Debido a los numerosos derribos propinados al componente aéreo estadounidense por los sistemas de misiles de largo alcance SA-2 “Guideline” que contaban con procedimientos de derribos casi automatizados, generó una oportuna y rápida reacción de la capacidad militar e industrial de EEUU. Estos fueron capaces de engendrar sobre las cenizas calientes de la guerra, una nueva doctrina para suprimir defensas aéreas enemigas, que hasta ese momento no habían sido desarrollada ni mucho menos anticipadas en los laboratorios de su fructífera estrategia militar.

La USAF y la USN fueron por necesidad los artífices e ideólogos de esta doctrina a la que llamaron de “Combate Electrónico” (CE) o en inglés “Electronic Warfare” (EW); fue concebida en los años 60 durante la Guerra de Vietnam y perfeccionada luego por las experiencias de la Fuerza Aérea Israelí en la Guerra del “Yom Kippur” en octubre de 1973 y en la Operación “Paz para Galilea” en junio de 1982. Cabe aclarar que, entre ambos estados siempre existió una constante realimentación estratégica y doctrinaria, producto de sus alineaciones de política internacional.

La doctrina de EW propuso tareas que contribuyen directamente a reducir las pérdidas de aeronaves por acción directa de los SDA, tanto de la AAA como de la caza interceptora enemiga con el objeto de influir en forma indirecta al logro de la superioridad aérea; esta doctrina comprende todavía tres tipos de tareas básicas: Guerra Electrónica (GE), Contramedidas a las Comunicaciones, Comando y Control (C3CM) y Supresión de Defensas Aéreas Enemigas (SEAD).

El Combate Electrónico tienen como principal finalidad la de destruir, degradar y/o inutilizar el Sistema de Información o de toma de decisiones del enemigo, afectando el “Ciclo de Reacción” de la información de combate, tal como manifiesta el Comodoro (R) D. Miguel A. Silva en su obra “Al enemigo primero lo descerebramos” (2003), donde destruyendo sus sensores y degradando las comunicaciones, el oponente queda totalmente sin capacidad de comando y control.

La GE y la SEAD, son los principales componentes ofensivos del Combate Electrónico, el primero abarca el uso del espectro electromagnético y el segundo el mundo físico de las armas.

¿Por qué la GE? Es importante aclarar que esta “diferente forma de hacer la guerra aérea” fue desarrollada ante la urgente necesidad de aumentar la supervivencia de las aeronaves en un ambiente electromagnético saturado de señales de radar y comunicaciones que controlan cañones, aeronaves y misiles. La respuesta a estas amenazas es un diseño de fuerzas con medios idóneos para actuar en este ambiente electrónicamente denso y hostil.

¿Por qué la SEAD? La razón se fundamenta en que, de las tres áreas antes mencionadas, es la más peligrosa, onerosa y difícil de concretar. El tiempo que se necesita para contar con una eficaz y eficiente unidad aérea que pueda determinar tales misiones de penetrar, aproximarse, excitar y destruir las defensas aéreas enemigas lleva tiempo, experiencia y costosos recursos.

La doctrina de Combate Electrónico fue rápidamente difundida por el mundo, lamentablemente lejos de las posibilidades de la FAA en 1982, ya sea para aplicarla o para mensurar el peligro que significaba enfrentar a las fuerzas británicas que estaban empapadas en esa doctrina y algo equipadas a tal efecto; según su diseño de fuerzas de fines de la década del 70 incluían esta capacidad, aunque no en su máximo desarrollo y esplendor como se cree.

En los años 70 las FFAA argentinas respondían a un diseño de fuerzas basado en un método de planificación por “hipótesis de conflictos” para enfrentarse específicamente en un escenario continental y no marítimo, principalmente contra Chile por problemas de delimitación territorial en un escenario convencional y con un mayor equilibrio de fuerzas y sin desarrollo en el ámbito electrónico.

Equilibrio de fuerzas que no se daba contra el Reino Unido; la tercera potencia militar del mundo en los años 80; éste poseía un diseño de fuerzas dentro de un escenario de escala global tanto de guerra “convencional total” en sus cuatro ambientes (aéreo, terrestre, naval y electromagnético) como la “nuclear” para enfrentar al Pacto de Varsovia, teniendo a la URSS como el más poderoso oponente.

Si bien los británicos adoptaron la SEAD a través de la OTAN, carecían de doctrina y experiencia durante el CAS, solo realizaron dos operaciones conocidas como “Black Buck V” del 31 de mayo y “Black Buck VI” del 3 de junio del 82, que fueron ejecutadas por la RAF desde la Isla Ascensión con bombarderos B.2 “Vulcan” contra las defensas aéreas de Puerto Argentino.

La primera operación del 31 de mayo de 1982; tuvo como blanco el radar de alerta aérea temprana Westinghouse TPS-43E de la FAA utilizado para guiar y controlar a los aviones que atacaban a los navíos británicos; llevar adelante los combates Aire-Aire contra los “Harrier”; alertar a las defensas antiaéreas y localizar a la flota enemiga y a sus portaaeronaves (Silva M. A., 2007, p. 9). A pesar de la falta de información de inteligencia, el Jefe de Escuadrón VYCA “Malvinas” y su personal habían llegado, gracias a una correcta evaluación operativa, a la conclusión de cómo podría ser atacado el radar:

Sería desde el mar, con cañones navales que llegarían cuando más a los 20/25 km; desde aviones Harrier con bombas de gravedad, tal vez de guiado láser; desde helicópteros con misiles filo guiados hasta 4/5 km; y sin descartarlo, aunque era una probabilidad muy remota, el ataque con un misil anti-radiación (Silva M. A., 2007, p. 32).

La puntual evaluación de los radaristas argentinos los llevó a suponer que el “Shrike” sería el único misil antirradar de occidente en estado operativo y realmente efectivo para acertar en el blanco, aunque nunca barajaron la posibilidad de que fuera lanzado desde un “Vulcan”.

La acertada conclusión sobre el “Shrike” le permitió la supervivencia tanto del radar como sus operadores, gracias a las tres medidas tomadas para contrarrestar su letalidad: elegir el mejor emplazamiento, el mejor enmascaramiento y la mejor fortificación (Silva M. A., 2007, p. 41).

El éxito de que no fuera alcanzada la antena del TPS-43E, fue gracias a la fortificación con tres camiones y una máquina vial para protegerla de las esquirlas, dado que un impacto directo hubiera sido imposible de evitar. Para cuando el 31 de mayo el “Vulcan” matrícula XM597 disparó los dos “Shrike”, la mayoría de las metrallas de uno de ellos que cayó a unos 10 metros de la antena, fueron paradas por uno de los camiones, produciéndole solo daños menores.

Las operaciones de supresión “Black Buck V y VI” obtuvieron un muy escaso éxito en pos de la superioridad aérea británica; el mismo avión “Vulcan” XM597 el 3 de junio de 1982, suprimió con un par de “Shrike” un radar de control de tiro “Skyguard” del GADA 601 del Ejército Argentino; perdiendo la vida cuatro hombres de esa unidad (Blackman, 2014).

La mejor respuesta al fracaso argentino en materia de Combate Electrónico sería que la FAA y las restantes fuerzas nacionales cuenten hoy con un diseño de fuerzas acorde a las realidades del combate moderno y a las posibilidades de obtener recursos económicos suficientes en el futuro.

## CAPÍTULO II

### **LA BATALLA AÉREA DEL CONFLICTO DEL ATLÁNTICO SUR A TRAVÉS DE UN MODELO PROBABILÍSTICO DE DEFENSA AÉREA INTEGRADA – PRUEBA DE HIPÓTESIS**

*“Para defender a la Patria no solo se necesita Orgullo Nacional, también es imprescindible un buen sistema de Defensa Nacional”*

Comodoro (R) Francisco Pío Matassi  
La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (1990) - Fuerza Aérea Argentina

En el presente capítulo se desarrolló un estudio histórico sobre el Conflicto del Atlántico Sur (CAS) tomado como caso testigo, con el objeto de dar contenido estadístico a un Modelo Matemático Probabilístico (MMP) utilizado para la comprobación de eficacia teórica de sistemas de Guerra Electrónica, con el objeto de poner a prueba la hipótesis planteada.

El análisis abarca la experiencia propia del uso del poder aéreo durante la Guerra de Malvinas en 1982 a través de un modelo de Defensa Aérea Integrado (DAI) de carácter convencional y tradicional, con base probabilística en los sistemas de misiles y caza interceptora británica bajo control radar, utilizados durante ese conflicto.

El estudio de caso nos permitió conocer la efectividad de las armas antiaéreas británicas y como las pérdidas de aeronaves de las fuerzas argentinas, que realizaban Operaciones Aéreas Ofensivas, influyeron en el resultado final del conflicto.

En segundo lugar, visualizaremos como el modelo, modificado para este trabajo, otorgó información estadística y evidencia teórica probabilística, no solo del conflicto en sí, sino de cómo la GE y las operaciones SEAD pueden ayudar a disminuir la tasa de derribo a una fuerza aérea empeñada en batalla.

Podremos distinguir también en los resultados teóricos finales, como las capacidades de los sistemas de GE y de SEAD pueden mejorar la supervivencia de las aeronaves, las que se traducen en ahorro de vidas y medios aéreos, además de otorgar capacidad remanente para prolongar la lucha al permitir un mayor número de salidas de combate.

#### **Las pérdidas aéreas argentinas por acción de las defensas antiaéreas británicas en el Conflicto del Atlántico Sur (CAS)**

La Batalla de Malvinas dejó un saldo importante de pérdidas humanas y materiales, analizaremos esas consecuencias desde un enfoque analítico de lo sucedido por esos años, proponiendo un nuevo enfoque sobre las pérdidas aéreas sufridas por la FAA y la Aviación Naval (AVN) en el CAS; tratando de no caer en un mero análisis especulativo sin sustento, sino utilizando el método histórico para investigar las pérdidas de aviones en combate de ambas fuerzas nacionales.

Estimar la Tasa de Derribo efectiva producida por las armas aéreas y antiaéreas británicas sobre la FAA/AVN constituirá nuestro primer objetivo en este capítulo pero para llegar a esto, debemos hacer un análisis con base estadística sobre las misiones que alcanzaron las profundidades del sistema aéreo defensivo británico, exponiéndose al peligro de sus armas.

El índice de atrición del CAS informado por la FAA del 12,5%, realmente no refleja la franca lucha de nuestros pilotos de combate y las defensas aéreas británicas.

El interrogante que nos hacemos es ¿Cuál fue la Tasa de Atrición que produjo el enfrentamiento entre las Aeronaves de la FAA/AVN y el Sistema de Defensa Aéreo Integrado (SDAI) británico durante el CAS?

Las principales fuentes de información la constituyeron, el libro del Comodoro (R) Francisco P. Matassi, “La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas” (1990) y la del Contraalmirante (R) Héctor A. Martini, “Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur)” (1992), de donde se extrajeron los datos sobre los derribos directos e indirectos, según el criterio que hemos seleccionado para contabilizarlos:

- 1) Derribos provocados por acción del SDAI de la Fuerza de Tareas Británica, tanto naval como el terrestre.
- 2) Accidentes Operacionales provocados por el vuelo rasante o de evasión con el objeto de impedir la detección temprana por parte del SDAI británico.
- 3) Derribos por fuego amigo causados por el SDAI argentino montado en las Islas.

Para registrar la cantidad de Salidas de Combate y Salidas No de Combate:

- 1) Las aeronaves que arribaron dentro de las 10 Nm de los OOMM<sup>33</sup>.
- 2) Las aeronaves de los SARms<sup>34</sup> de Combate, Transporte y Reconocimiento que realizaron misiones dentro del SDAI enemigo según la Ilustración N° 3:

---

<sup>33</sup> La selección de las 10 Nm es para poder contabilizarlas con datos estadísticos. Cabe aclarar que muchas misiones entraron dentro de la envolvente del sistema defensivo británico mucho más allá de las 10 Nm.

<sup>34</sup> SARms, acrónimo en español de Sistema de Armas de uso frecuente en la FAA.

Criterios para contabilizar la cantidad de Salidas Ofensivas y No Ofensivas			
S.Arm.	Salidas Ofensivas Contabilizadas	S.Arm.	Salidas No Ofensivas Contabilizadas
IA-58 (1)	Reconocimiento Ofensivo	LR-35	Guiado
	Apoyo de Fuego Aéreo Cercano		Diversión
MB-339	Reconocimiento Ofensivo		Guiado Aero Táctico
	Apoyo de Fuego Aéreo Cercano		Exploración y Reconocimiento
M-III	Escolta de caza	C-130	Abastecimiento (cruce a MLV)
	Diversión		Lanzamiento de Carga
M-V	Bombardero		Exploración y Reconocimiento Lejano
	Escolta	Exploración y Reconocimiento Lejano	
SUE	Ataque a buques	B-707	Exploración y Reconocimiento
A-4 B	Bombardero	HS-125	Guiado Aero Táctico
A-4 C	Bombardero		MU-2
A-4 Q	Bombardero	S-2E	Exploración Antisuperficie
MK-62	Bombardero		Apoyo Aéreo Antisubmarino Cercano
S-2E	Guerra Antisubmarina	EMB-111	Apoyo Aéreo Cercano y de Información
(1) solo los desplegados en las Islas Malvinas.		P-2	Exploración Antisuperficie y Antisubmarina

Nota: elaboración propia.

Ilustración N° 3: Criterios para contabilizar la cantidad de Salidas Ofensivas y No Ofensivas.

El primer análisis fue identificar (ver Anexo 1) los derribos de aviones argentinos por acción del SDAI británico entre el 01-May y el 14-Jun de 1982; se contabilizaron 45 entre la FAA y la AVN sobre 117 aparatos empeñados. Dieron su vida 42 tripulantes y se recuperaron 15 por eyección.

En tanto un segundo examen que se realizó sobre la totalidad de las fuerzas empeñadas por nuestro país y siguiendo el criterio de que las aeronaves hayan alcanzado al menos 10 Nm del SDAI enemigo (ver Anexos 2 y 3); se ha confeccionado la Ilustración N° 4 donde se individualizaron 785 salidas (477 ofensivas y 308 no ofensivas) entre la FAA y la AVN.

La Ilustración N° 4 también presenta una tercera distinción sobre pérdidas netas y la probabilidad de supervivencia por cada SArm; podemos ver que las mayores pérdidas de la FAA fueron sobre los aviones de combate A-4C “Skyhawk” con 81,8% (9 de 11 Ae.), A-4B “Skyhawk” 76,9% (10 de 13 Ae.) y M-V “Dagger” con 61,1% (11 de 18 Ae.); mientras que la AVN perdió el 37,5% de su fuerza de A-4Q “Skyhawk” (3 de 8 Ae.).

En promedio ambas fuerzas, perdieron el 38,5% del total disponible de 117 aviones, en tanto que de las 93 Aeronaves Ofensivas se perdió el 46,2% y de los 24 aparatos No Ofensivos fueron destruidos el 8,3% de lo comprometido.

<b>Pérdidas Netas, Probabilidades de Supervivencia y de Pérdida de Aeronaves, por Efecto del Enemigo o por Accidente, durante Vuelos Operacionales que llegaron hasta 10 NM del Blanco en el TOAS.</b>							
S.Arm.	Aeronaves Desplegadas	Aeronaves Perdidas	Salidas del S.Arm.(2)	Prob. Superv. X S. Armas	% de Pérdidas X S. Armas	Prob. Superv. X Total Salidas	% de Pérdidas X Total Salidas
IA-58 (1)	10	4	82	60,0%	40,0%	95,1%	4,9%
M-III	10	2	45	80,0%	20,0%	95,6%	4,4%
M-V	18	11	118	38,9%	61,1%	90,7%	9,3%
A-4 B	13	10	93	23,1%	76,9%	89,2%	10,8%
A-4 C	11	9	67	18,2%	81,8%	86,6%	13,4%
MK-62	7	2	42	71,4%	28,6%	95,2%	4,8%
LR-35	10	1	97	90,0%	10,0%	99,0%	1,0%
K/C-130	6	1	28	83,3%	16,7%	96,4%	3,6%
B-707	2	0	43	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
HS-125	1	0	16	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
MU-2	1	0	3	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
A-4Q	8	3	15	62,5%	37,5%	80,0%	20,0%
MB-339	7	2	7	71,4%	28,6%	71,4%	28,6%
SUE	4	0	8	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
S-2E	5	0	78	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
EMB-111	2	0	35	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
SP-2H	2	0	8	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
<b>Total:</b>	<b>117</b>	<b>45</b>	<b>785</b>	<b>% Promedio</b>	<b>38,5%</b>	<b>% Promedio</b>	<b>5,9%</b>
<b>Total Salidas Ae. Ofensivas</b>			477				
<b>Total Salidas Ae. No Ofensivas</b>			308			<b>Total de Ae.</b>	<b>% Pérdidas</b>
<b>Total de Ae. y % de Pérdidas de Ae. Ofensivas (IA-58, M-III, M-V, A-4 B, A-4 C, MK-62, A-4Q, MB-339, SUE y S2-E).</b>						93	46,2%
<b>Total de Ae. y % de Pérdidas de Ae. No Ofensivas (LR-35, K/C-130, B-707, HS-125, MU-2, EMB-111 y P-2).</b>						24	8,3%
Fuente: elaboración propia, con datos extraídos de Matassi, F. P. (1990). La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (Vol. I). (H. O. Vartorelli, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea; y Martini, H. A. (1992). Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur) (Vol. III). Buenos Aires, Argentina: Departamento de Estudios Históricos ARA.							
<b>Notas: (1)</b> solo los desplegados en las Islas Malvinas.							

Ilustración N° 4: Pérdidas Netas, Probabilidades de Supervivencia y de Pérdida de Ae., por Efecto del Enemigo o por Accidente, durante Vuelos Operacionales que llegaron hasta 10 NM del Blanco en el TOAS.

A modo de conclusiones, la Ilustración N° 5 nos muestra una mejor dimensión sobre la efectividad del SDAI británico durante el CAS, dada por los resultados de la “Tasa de Atrición para el Total de Salidas” del 5,73%, con 45 derribos sobre un total de 785 salidas en 45 días de conflicto.

Si a la tasa del 5,73% la desagregamos entre aparatos ofensivos y defensivos, tenemos ahora una atrición mucho mayor que alcanza el 9% para las salidas ofensivas (43 derribos en 477 salidas) y de solo el 0,65% para las no ofensivas (2 derribos en 308 salidas).

Esta nueva tasa del 5,73% es mucho menor y más aproximada a la realidad de la batalla aérea librada por la FAA y la AVN que la del 12,5% declarada solo por la FAA para toda la guerra contra el SDAI británico durante el conflicto.

En cuanto a las Salidas de Combate, el promedio fue 17,4 salidas en 45 días de operación, donde durante solo 23 días de lucha se pudieron ejecutar más de 5 salidas diarias. Las

Aeronaves Ofensivas tuvieron un promedio de 10,6 salidas en tanto las no ofensivas tuvieron un promedio de casi 7 salidas en 45 días de lucha.

En tanto la “Tasa de Atrición Diaria Promedio”, fue del 3,94% para la totalidad de la fuerza analizada; pero con una importante atrición del 5,52% para las salidas ofensivas de los aviones de combate argentinos, en tanto que para las salidas de aparatos no ofensivos fue de escaso 0,5% diario.

<b>Resumen de resultados del Conflicto del Atlántico Sur - Salidas y Tasas de Derribo Total y Diaria de la Fuerza Aérea Argentina y de Aviación Naval Argentina entre el 01-May y el 14-Jun-82.</b>		
<b>TOTAL DE SALIDAS AEREAS</b>	<b>Total</b>	<b>Derribos</b>
<b>Salidas Totales</b>	<b>785</b>	<b>45</b>
<b>Aeronaves Ofensivas</b>	<b>477</b>	<b>43</b>
<b>Aeronaves No Ofensivas</b>	<b>308</b>	<b>2</b>
<b>TOTAL DE SALIDAS AEREAS DIARIAS</b>		
Días con más de 5 Salidas de Combate Diarias		23,0
Salidas Diarias Promedios (45 días)		17,4
Salidas Diarias de Ae. No Ofensivas - Promedio (45 días)		6,8
Salidas Diarias de Ae. Ofensivas - Promedio (45 días)		10,6
<b>TASAS TOTALES DE ATRICIÓN</b>		
Tasa Total de Atrición por Total de Salidas:		5,73%
Tasa de Atrición para Salidas de Ae. Ofensivas		9,01%
Tasa de Atrición para Salidas de Ae. No Ofensivas		0,65%
<b>TASAS DE ATRICIÓN DIARIAS PROMEDIO</b>		
Tasa de Atrición Diaria Promedio:		3,94%
Tasa de Atrición Diaria Promedio para Salidas Ofensivas		5,52%
Tasa de Atrición Diaria Promedio para Salidas No Ofensivas		0,50%
Fuente: elaboración propia, con datos extraídos de Matassi, F. P. (1990). La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (Vol. I). (H. O. Vartorelli, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea; y Martini, H. A. (1992). Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur) (Vol. III). Buenos Aires, Argentina: Departamento de Estudios Históricos ARA.		

Ilustración N° 5: Resumen de resultados del Conflicto del Atlántico Sur - Salidas y Tasas de Derribo Total y Diaria de la FAA y de AVN entre el 01-May y el 14-Jun-82.

## **La efectividad de las armas antiaéreas británicas en el Conflicto del Atlántico Sur (CAS)**

Con el consiguiente objetivo de estudiar la efectividad individual de las armas antiaéreas británicas en el CAS se confeccionó el Anexo 1; en éste pueden verse el total de derribos relacionados con los SDA enemigos, el sistema de armas y el armamento (misiles<sup>35</sup> y armas de tubo) con el cual fueron alcanzados; además la fuerza (secciones aéreas) que componían y la fecha en que se produjeron la caída de las aeronaves.

<sup>35</sup> Alcances efectivos de los misiles británicos en 1982: AIM-9L (22 Nm), Sea Dart (43 Nm), Sea Wolf (5,3 Nm), Sea Cat (3,2 Nm), Rapier (4 Nm) y Blowpipe (1,7 Nm).

La Ilustración N° 6 (derivada del Anexo 1), nos resume en detalle sobre las armas, la procedencia, el SARms o plataforma de disparo con que se produjeron los 45 derribos de aviones argentinos. Un total de 21 aparatos fueron destruidos por aviones “Sea Harrier/Harrier”, 12 por acción de la fuerza naval y 9 por los sistemas terrestres; en tanto que 3 fueron por accidentes operacionales intentando evadir al SDAI enemigo, realizando evasión de sensores.

Derribos producidos por los Sistemas de Defensa Aérea Británicos durante el Conflicto del Atlántico Sur (01-may al 14-jun 1982)											
Sistemas de Defensa Aérea Británicos	Sistemas de Misiles					Armas de Tubo					Total
	AIM-9 L	Sea Dart	Sea Wolf	Rapier	Blowpipe	40 mm/A-A	35 mm/A-A	30 mm/A-A	20 mm/A-A	Sis.Desconc	
Sea Harrier/Harrier	17							4			21
AA Naval		7	4						1		12
AA Terrestre				2	2	1	1			3	9
ACC Operac.										3	3
<b>Subtotales:</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>45</b>

Fuente: elaboración propia, con datos extraídos de Matassi, F. P. (1990). La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (Vol. I). (H. O. Vartorelli, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea; y Martini, H. A. (1992). Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur) (Vol. III). Buenos Aires, Argentina: Departamento de Estudios Históricos ARA.

Ilustración N° 6: Derribos producidos por los SDA Británicos durante el CAS entre 01-May-82 al 14-Jun-82.

En definitiva, el SARms que mayores derribos produjo en el CAS fue el “Sea Harrier/Harrier” con el misil AIM-9L que destruyó 17 aviones (16 FAA y 1 AVN), provocando el 53% de las bajas (ver Ilustración N° 7).

Le sigue en efectividad el viejo sistema de misiles de alcance medio para defensa de área GWS-30 “Sea Dart” con 7 derribos (3 A-4C, 1 A-4B, 1 LR-35, 2 MK-62 de la FAA) con el 22% de las destrucciones.

En tanto el tercer lugar fue para el entonces nuevo misil de defensa puntual GWS-25 “Sea Wolf” con 4 impactos (3 A-4B y 1 M-V de la FAA) y el 13% de las pérdidas; conjuntamente, los misiles navales “Sea Dart” y “Sea Wolf”, provocaron el 35% de aviones abatidas (11 de las 32).

Análisis de Efectividad Armas AA Británicas durante el CAS.					
Derribos x Tipo de Arma AA		Derribos	Derribos x Tipo Plataf. Lanzadora		Derribos
<b>Sistemas de Misiles</b>	82%	32	<b>Sea Harrier/Harrier</b>	50%	21
<b>Armas de Tubo</b>	18%	7	<b>AA Naval</b>	29%	12
<b>Total:</b>	<b>100%</b>	<b>39</b>	<b>AA Terrestre</b>	21%	9
			<b>Total:</b>	<b>100%</b>	<b>42</b>
Derribos x Tipo Arma Guiada		Derribos	Fuente: elaboración propia.		
<b>AIM-9 L</b>	53%	17			
<b>Sea Dart</b>	22%	7			
<b>Sea Wolf</b>	13%	4			
<b>Rapier</b>	6%	2			
<b>Blowpipe</b>	6%	2			
<b>Total:</b>	<b>100%</b>	<b>32</b>			

Ilustración N° 7: Análisis de Efectividad Armas AA Británicas durante el CAS entre 01-May-82 al 14-Jun-82.

Las fuerzas terrestres británicas sobre las islas, desde el desembarco en el Estrecho de San Carlos, que empleaban el SAM “Rapier” abatieron 2 máquinas (1 A-4C y 1 M-V de la FAA), al

igual que el sistema MANPADS “Blowpipe” (1 IA-58 de FAA y 1 MB-339 de AVN), cada uno esos sistemas representa el 6% de las pérdidas de aviones argentinos.

En las fuentes consultadas durante la investigación, no se hallaron registros oficiales sobre derribos a cargo el misil GWS-22/4 “Sea Cat”, pese a que fuentes británicas acusaron 5 victorias (Moro, 1997, p. 334).

Dentro de las armas de tubo, el montaje aéreo embarcado de 30 mm de los “Sea Harrier/Harrier” produjeron 4 abatimientos (1 IA-58, y 1 A-4C de la FAA y 2 A-4Q de la AVN).

Cabe destacar que el 82% de los impactos fueron provocados por misiles guiados, dejando el resto a los sistemas de tubos que utilizaban solo miras ópticas o electroópticas con el 18% de los aviones destruidos (ver Ilustración N° 7).

En tanto que solo los “Sea Harrier/Harrier” de las Patrullas Aéreas de Combate (PAC) produjeron el 50% de las bajas (21 sobre 42 destruidos), mientras que las armas de la flota británica fueron responsables del 29% de las pérdidas y las terrestres el 21% restante.

En la Ilustración N° 8 podemos ver, según Moro (1997, p. 334) sobre cifras oficiales británicas, la efectividad de las armas antiaéreas; destacándose los misiles AIM-9L con el 25% de efectividad con 17 derribos en 68 disparados. Entre los embarcados, el “Sea Dart” sigue con el 9 % en 7 impactos sobre 76 misiles lanzados; el “Sea Cat” con 5 destrucciones sobre 108 utilizados, posee el 5% y en el último lugar el sistema “Sea Wolf” con el 4%, con 4 aviones abatidos sobre 96 proyectiles arrojados.

Efectividad de las Armas Antiaéreas Británicas				
S.Arm.	Número de Lanzaderas (1)	Derribos	Lanzados (1)	Tasa de Efectividad
<b>Sidewinder</b>	<b>42</b>	<b>17</b>	<b>68</b>	<b>25%</b>
<b>Sea Dart</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>76</b>	<b>9%</b>
Sea Cat	13	5	108	5%
<b>Sea Wolf</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>96</b>	<b>4%</b>
Stinger	8	1	40	3%
Rapier	8 a 10	2	100	2%
Blowpipe	23 a 25	2	140	1%
<b>Tot/Prom.</b>		<b>38</b>	<b>628</b>	<b>6%</b>
Fuente: En letras <u>Negras</u> : elaboración propia y en letras <u>Rojas</u> : (1) extraídas de la Historia del Conflicto de Atlántico Sur (La Guerra Inaudita II), Rubén Oscar Moro, Buenos Aires, ESGA, 1997.p.334, sobre Fuentes Británicas Oficiales.				

Ilustración N° 8: Efectividad de las Armas Antiaéreas Británicas (R. Moro).

Con respecto a los MANPADS, el veterano “Blowpipe” tuvo una muy baja efectividad de solo 1% con 2 derribos en 140 descargas; el “Stinger” según los británicos, produjo solo 1

impacto (sin confirmar) en 40 disparos y el 3% de efectividad. El SAM “Rapier” con el 2% de eficacia produjo 2 derribos en 100 lanzamientos. La Efectividad Promedio del SDAI británico fue del 6% para todo el conflicto según las estimaciones basadas en las cifras inglesas citadas.

El SDAI de la Flota Británica (ver Anexo 4) compuesto por la dupla “Harrier-Buque” produjo el 79% de las aeronaves argentinas destruidas (33 de 42 aviones), en tanto los misiles AIM-9L, “Sea Dart” y “Sea Wolf” alcanzan el 66% de los derribos (28 de 42 aparatos); con lo cual podemos considerar que la tecnología de las armas guiadas (radar y pasivas) jugó un papel muy importante en el peso y en el resultado final de la batalla aérea en el CAS.

### **Las Operaciones Aéreas Ofensivas en el CAS a través en un Modelo Probabilístico de Defensa Aérea Integrado. Planteo de hipótesis**

Las fuerzas aéreas ofensivas sufren derribos por acción de un SDAI, estas amenazas deben ser minimizadas a través de probados equipos y sistemas de GE embarcados que tienen como primordial objetivo disminuir los peligros que éstas implican.

Los riesgos producidos por estas amenazas y la probabilidad de supervivencia de las aeronaves atacantes pueden medirse en términos de probabilidad y confrontarse bajo un Modelo Matemático Probabilístico (MMP) de Defensa Aérea Integrado.

La alternativa planteada de analizar la experiencia de la aviación argentina en un modelo, nos permite aproximar a través del método empírico analítico, un cálculo hipotético y probabilístico de cuántas aeronaves se hubieran salvado si la totalidad de la fuerza argentina hubiera estado equipada en primer lugar con Sistemas de Autoprotección Integrados (SAI) y en segundo término si se hubiera contado con escuadrones aéreos especializados para ejecutar operaciones SEAD contra los SDA de la flota británica. También podremos aproximar el poder de multiplicación de fuerzas que poseen las capacidades de GE (SAI) juntamente con las de SEAD.

La pregunta que nos planteamos para el desarrollo del MMP es: ¿Qué hubiera pasado en Malvinas, si todas las aeronaves ofensivas argentinas hubieran estado equipadas con Sistemas de Autoprotección Integrados<sup>36 37</sup> (SAI) para actuar en el ámbito de la GE y con la capacidad de ejecutar misiones SEAD? Y entonces ¿cuál hubiera sido la Tasa de Atrición?

---

<sup>36</sup> La definición de Sistemas de Autoprotección Integrados fue tomada del Ministerio de Defensa del Reino de España publicado en la Monografía 02 del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la Subdirección de Tecnología y Centros (SDG TECEN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), titulado “La Guerra Electrónica en España”, octubre de 2009 (Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), 2009, pág. 23).

## El Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada para verificación de hipótesis (MMP)

El Capítulo VIII - Criterios de proyección y evaluación, del libro del Ingeniero italiano Filippo Neri, titulado “Sistemi di Difesa Electronica” (1990, p. 403) describe dos modelos, uno sobre las amenazas misilísticas Tierra-Aire (SAM) enemigas que componen un SDAI convencional y un segundo sobre el ataque Aire-Superficie con misiles anti-radiación utilizados contra radares de control de fuego para el guiado asociado a misiles SAM, lanzados por aeronaves atacantes con el fin de neutralizarlos físicamente.

### Descripción del Modelo y Adaptación

El primer modelo de Neri es utilizado para comprobar sistemas de GE embarcados en aeronaves bajo un ambiente de hasta dos amenazas antiaéreas del tipo misil guiado por radar; donde cada uno posee un determinado grado de efectividad total.

Esta modelización inicial nos permitirá saber probabilísticamente, cual es la Tasa de Atrición que dicho sistema le provoca a una fuerza con una determinada cantidad de aeronaves. Además podremos determinar la fuerza remanente (que sobrevivieron al derribo) luego de un número “n” de misiones o salidas ofensivas. Por último podremos estimar por cuanto tiempo seguiremos en capacidad de realizar salidas ofensivas.

El SDA misilístico enemigo original está compuesto por un sistema de mediano y otro de corto alcance, ambos controlados por un radar de vigilancia aérea, uno de adquisición y un tercero de seguimiento y guiado de armas; además del efecto propio de la cabeza de guerra del misil. A cada una de las cuatro fases dimensionadas las llamaremos “variables ofensivas”.

La modificación sustancial al modelo original fue agregar un tercer sistema de misil, pero no terrestre/superficie, sino del tipo Aire-Aire como AIM-9L, donde actúan dos radares más; uno de alerta temprana aérea embarcado en buque y el otro de adquisición en las aeronaves “Sea Harrier”; además se incluye el buscador de seguimiento pasivo IR del propio misil y su cabeza de guerra. Con nuestra modificación, el sistema completo de 3 misiles cuenta ahora con 12 “variables ofensivas” de la fuerza oponente.

---

<sup>37</sup> Se consideran para este trabajo, Sistemas de Autoprotección Integrados (SAI) a todos aquellos sistemas de GE cuya función es detectar amenazas potencialmente peligrosas (misiles y sistemas de armas antiaéreas) dirigidas contra la plataforma aérea en la que se encuentran instalados, formados por un conjunto de sensores encargados de la detección de las emisiones producidas por los sistemas de amenazas como radiofrecuencias (radar y/o comunicaciones), infrarrojo (calórica), ultravioleta, emisión láserica y un conjunto de contramedidas activas y pasivas que abarcan los espectros antes mencionados, propios de un ambiente de Combate Electrónico.

Las cuatro “variables ofensivas” de cada uno de los tres tipos misiles, nos darán la “Probabilidad Total de Derribo” de cada sistema, luego derivaremos la Probabilidad Total del SDA (basados en tres clases de misiles) con la que enfrentaremos a nuestra fuerza aérea hipotética.

Del lado de la defensa de nuestra fuerza aérea contra los misiles enemigos, tenemos las “variables defensivas propias” que corresponden al SAI de cada aeronave, compuesto por un Receptor de Alerta Radar (RWR), un receptor o Sistema de Alerta de Lanzamiento de Misiles (MLWS<sup>38</sup>), un Dispensador de chaff/flare y un Interferidor de ruido/engaño para degradar la efectividad de los radares asociados a cada SAM enemigo.

El objetivo conjunto de las medidas de Apoyo de GE<sup>39</sup> (AGE) (RWR y MLWS) y las de Ataque Electrónico<sup>40</sup> (chaff/flare e Interferidor), es reducir la efectividad o Probabilidad de Derribo de los misiles enemigos y así aumentar la Probabilidad de Supervivencia de los atacantes.

En definitiva, el modelo básico inicial confronta la Probabilidad de Derribo de los SDA de los misiles enemigos contra la Probabilidad de Supervivencia del SAI de nuestras aeronaves.

En tanto que el segundo modelo de este autor esta dado por la posibilidad de lanzar Misiles Anti-Radiación (ARM) que se montan sobre las señales electrónicas emitidas por los radares de cada SAM enemigo, con el fin de incapacitarlos físicamente.

Como en la segunda modelización los atacantes son nuestras fuerzas, tendremos ahora las “variables ofensivas”, que responden en primer orden a la Probabilidad de Detección del RWR de captar una señal radar (adquisición y/o seguimiento/guiado) y que nos permite el lanzamiento de los ARM. En segundo lugar, viene la Probabilidad de que el ARM adquiera la señal emitida por el radar del SAM; en tercero la Probabilidad de Seguimiento del Buscador del ARM hacia la antena del radar y por último la Probabilidad de Destrucción del Radar SAM por parte del ARM.

A las “variables ofensivas” de nuestra fuerza con ARM, se le oponen las “variables defensivas del enemigo”, compuestas por una medida dura o agresiva (Hard Kill) que es disparar el misil SAM directamente contra nuestro ARM y una blanda o electrónica (Soft Kill) que consiste en utilizar señuelos activos que seduzcan al ARM contra ellos y no impacte contra la antena del radar

---

<sup>38</sup> MLWS, acrónimo en inglés de Missile Launch Warning System (Sist. de Alerta de Lanzamiento de Misiles).

<sup>39</sup> Apoyo de GE: acciones conducidas para obtener información de la energía presente en el medio ambiente, mediante la búsqueda, interceptación, escucha, localización, análisis, identificación, evaluación y registro de las características de las emisiones detectadas, intencionales o no, con el fin de realizar un inmediato reconocimiento y seguimiento de amenazas como así la planificación y conducción de futuras operaciones (EMCO, PC- 13-50, pág. 17).

<sup>40</sup> Ataque Electrónico: consiste en el uso de la energía electromagnética, energía dirigida o armas anti-radiación para atacar al personal, instalaciones y equipamientos con la intención de degradar, neutralizar o destruir la capacidad de combate del enemigo (EMCO, PC- 13-50, pág. 23).

de seguimiento del SAM enemigo. Esta segunda parte, es la confrontación entre la Probabilidad de Impacto de nuestros ARM y la Probabilidad de Supervivencia de los SAM del enemigo.

Ambos modelos probabilísticos se corren entonces en dos etapas, el primero el “defensivo” de los SAM enemigos contra nuestra fuerza y el segundo, el “ofensivo”, que es una operación típica y pura del tipo SEAD contra los radares adversarios para neutralizar a los SAM.

Desde ahora, llamaremos a la primera etapa “Modelo Defensivo SAM” y a la segunda “Modelo Ofensivo SEAD” para nuestras fuerzas y a su vez cada uno se corre en sus dos fases propias antes descritas. La descripción y desarrollo del MMP y el análisis de variables y de efectividad de la Alerta Temprana del SDAI británico se detalla en el Anexo 5.

Finalmente, los resultados a obtener con el MMP adaptado a tres escenarios (desarrollado en el próximo título) diferentes y que servirán de comparación para demostrar la incidencia teórica de los SAI y de las operaciones SEAD sobre las pérdidas de aeronaves, se realizó a través de los siguientes parámetros:

- 1) Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la DA enemiga (Pkt).
- 2) Número de AERONAVES PERDIDAS (C).
- 3) Probabilidad de SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES: (Qn).
- 4) FUERZA REMANENTE luego de n Misiones (Nr).
- 5) Número de AERONAVES SALVADAS (S) CON GE. (Nr' -Nr).
- 6) Total de Salidas de Combate Posibles (np).
- 7) Salidas de Combate Exitosas (ne).
- 8) % de Salidas de Combate Exitosas (%ne).
- 9) FACTOR DE MULTIPLICACIÓN de Fuerzas de la GE. (M).

Los resultados comparativos obtenidos sobre los tres escenarios nos brindarán tres juegos de Tasa de Atrición Total del Sistema de DA Enemigo (Pkt) y de los demás parámetros, éstos nos permitirán sacar conclusiones sobre la naturaleza, características y peligrosidad de las armas AA en un conflicto convencional en cada una de las tres situaciones (escenarios), dándonos una respuesta parcial al planteo del problema de investigación.

### Definición de los tres escenarios aéreos hipotéticos para el Modelo “Neri” de Defensa Aérea Integrada

El MMP definido en sus dos etapas, la “Defensiva SAM” y la “Ofensiva SEAD” será corrido sobre tres escenarios; el primero llamado “base” posee los resultados del CAS y con aviones

sin SAI de GE; mientras que en el segundo se incorporan los SAI de GE a nuestra fuerza ofensiva y en el tercero sumamos la capacidad SEAD contra los SAM enemigos:

Escenario N° 1 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves sin equipamiento de Guerra Electrónica (Caso Testigo: Conflicto del Atlántico Sur).

Analizada la efectividad de las armas antiaéreas británicas en el CAS y las pérdidas aéreas argentinas por acción de las defensas enemigas vamos a llevar los resultados obtenidos al Escenario N° 1 – sin GE, al Modelo “Neri” de Defensa Aérea Integrada (1ra. parte de la “Defensiva SAM”) tratando de reproducir las condiciones del CAS.

En este primer escenario vamos a asumir que todas estas aeronaves no disponían de equipos de GE del tipo SAI; compuesto solamente por las “Variables Ofensivas” del SDAI británico, y que nos sirve también de “escenario base” para los dos siguientes.

El SDA británico del escenario base es considerado un SDAI convencional, compuesto por los misiles AIM-9L “Sidewinder”, GWS-30 “Sea Dart” y GWS-25 “Sea Wolf” (ver Ilustración N° 9 y Anexo 4).

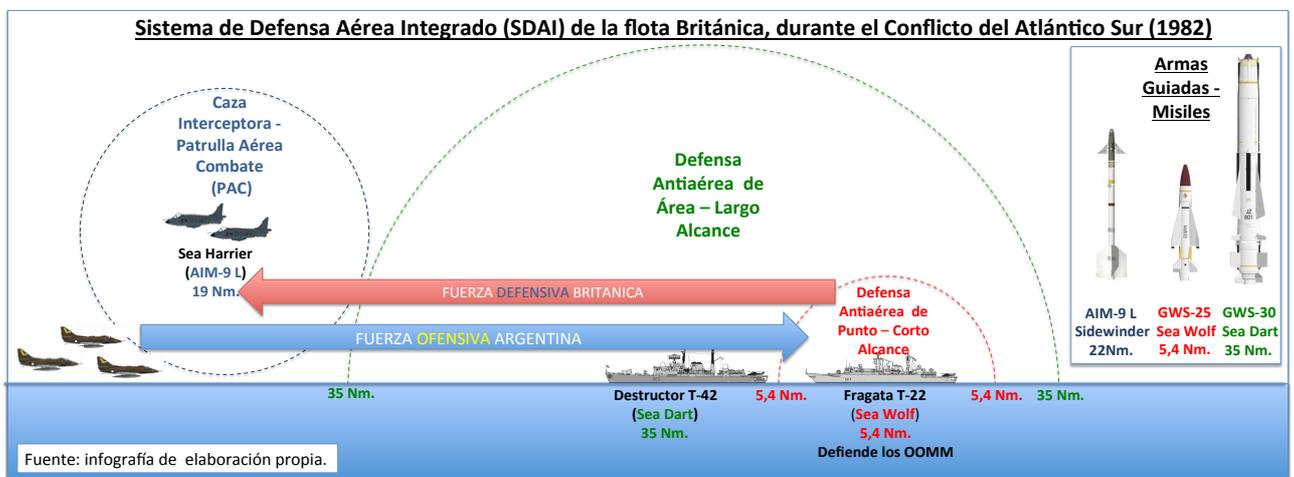


Ilustración N° 9: Sistema de Defensa Aérea Integrado de la flota británica, durante el CAS (1982).

Para modelizar el CAS se utilizaron las tasas de atrición individuales oficiales dada por los británicos para los tres misiles mencionados. La “Tasa de Atrición Total de la DA ( $P_{kt}$ )” británica que se lleva al modelo como dato y al primer escenario, es la nueva tasa del 5,73% obtenida como parte del análisis del conflicto y que se utilizará para correr las 11 salidas de la fuerza inicial de 93 aeronaves ofensivas disponibles en un lapso supuesto de 23 días de operación.

En el caso de la FAA, ninguna de las aeronaves contaba en 1982 con un completo SAI, sólo se improvisó en el mes de abril, un lanzador manual chaff/flare en los bombarderos Mk-62

“Canberra” que no estaba asociado a RWR. En tanto que la AVN tampoco disponía masivamente de este equipo; solo en el caso de 5 aviones S-2E “Tracker”, 2 EMB-111 y 2 SP-2H “Neptune” poseían un receptor AGE/RWR y un único A-4Q “Skyhawk” equipaba un RWR y un lanzador de Chaff (sin flare); la protección electrónica contra misiles era tan precaria como en la FAA.

En definitiva, ambas fuerzas argentinas (AVN y FAA), no poseían de SAI en cantidad y tecnología adecuada contra los sistemas de misiles guiados por radar o por sensores pasivos IR, con lo que vamos a asumir para el MMP que la aviación argentina no disponía de sistemas adecuados de GE de autoprotección (tipo SAI) en las aeronaves ofensivas.

Escenario N° 2 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves equipadas con sistemas de Guerra Electrónica.

Para este escenario (2da. parte de la “Defensiva SAM”); se agregan las “Variables Defensivas” de nuestra fuerza de ataque; ahora los 93 aviones poseen un completo SAI para aplicar medidas de AGE (RWR/MLWS) y Ataque Electrónico (dispensador chaff/flare e Interferidor de ruido/engaño) que afecten la capacidad electrónica de detección y guiado de los radares de los tres SAM enemigos, que modificaran (reducción) la “Tasa de Atrición Total de la DA ( $P_{kt}$ )” del 5,73%.

Escenario N° 3 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves equipadas con sistemas de Guerra Electrónica y Operaciones SEAD (sobre radares de superficie).

El último, de dos partes (1ra parte de la “Ofensiva SEAD”), completa la defensa de las aeronaves atacantes a través de una ofensiva SEAD con armas ARM para eliminar los radares de guiado de los misiles “Sea Dart” y “Sea Wolf”; y suponiendo que las defensas oponentes reaccionan al ataque SEAD (2da parte de la “Ofensiva SEAD”), incorporamos las “Variables Defensivas de Radares Enemigos” contra los ARM lanzados por nuestras aeronaves, de forma de obtener la tercera “Tasa de Atrición Total de la DA ( $P_{kt}$ )” y el resto de los parámetros del MMP.

La proporcionalidad de aeronaves SEAD con capacidad de portar misiles ARM, está en función de la efectividad o “Probabilidad Final de Batir un SAM ( $P_k$ )” que posee cada tipo de arma anti-radiación, la que hemos establecido en un 23% por misil lanzado para nuestro MMP, con lo cual harían falta 4 ARM para garantizar la destrucción de cada radar de control de fuego atacado. Por lo que serían necesario; si cada aeronave porta 2 ARM, se necesitarán al menos de 8 a 10 aeronaves SEAD por misión o Salida de Combate para batir a los dos radares, los aviones SEAD representan entre el 9 y 11% de la dotación inicial de 93 aparatos.

Cabe aclarar que a medida que se van perdiendo aeronaves del stock inicial por acción de la atrición y al mantenerse constante el número de 8 a 10 aparatos SEAD por cada misión, la proporcionalidad total de este tipo de aviones lógicamente aumentará.

Análisis de la Batalla Aérea del CAS a través del Modelo adaptado de Defensa Aérea Integrada, resultados de las hipótesis

Definido el modelo con sus variables, planteados los tres escenarios y establecidos los criterios al MMP de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional, se hace correr el MMP para obtener los resultados finales de los nueve parámetros sobre los escenarios del CAS planteados.

El Anexo 7 detalla el desarrollo matemático y los resultados del MMP; en tanto la Ilustración N° 10 muestra un resumen de los resultados finales alcanzados; donde partiendo del Escenario Base N° 1 (sin SAI para las aeronaves) con una Fuerza Total (N) de 93 aeronaves y un promedio de hasta 11 Salidas de Combate (n) por aeronave; se obtiene una pérdida (C) de 44 aparatos y 49 aviones remanentes (Nr); llegamos así a reproducir los resultados para la FAA/AVN durante el CAS del escenario base, con la Tasa de Atrición Total de la DA enemiga (Pkt) del 5,73% por nosotros estimada.

<b>MODELO MATEMATICO PROBABILISTICO DE DEFENSA AÉREA INTEGRADA DEL TIPO CONVENCIONAL (CASO TESTIGO)</b>		<b>Escenario Base N° 1</b>		<b>Escenario N° 2</b>	<b>Escenario N° 3</b>
<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS FINALES DEL MMP</b>		<b>S/GE</b>		<b>C/GE</b>	<b>C/GE + SEAD</b>
<b>DATOS INICIALES:</b>					
<b>PROMEDIO SALIDAS DE COMBATE POR AERONAVE</b>	n	11	n	11	11
<b>FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles:</b>	N	93	N	93	93
<b>RESULTADOS OBTENIDOS:</b>					
<b>Tasa de ATRICION TOTAL de la D.A.:</b>	Pkt	5,73%	Pkt'	1,32%	0,63%
<b>Número de Aeronaves PERDIDAS</b>	C	44	C'	13	6
<b>PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES:</b>	Qn	52,2%	Qn'	86,4%	93,3%
<b>FUERZA REMANENTE luego de n Misiones:</b>	Nr	49	Nr'	80	87
<b>Número de Aeronaves SALVADAS</b>	Nr'-Nr	0	Nr'-Nr	32	38
<b>Total de Salidas de Combate Posibles</b>	np	1.023	np	1.023	1.023
<b>Salidas De Combate Exitosas</b>	ne	534	ne	883	954
<b>% de Salidas De Combate Exitosas</b>	%ne	52%	%ne	86%	93%
<b>FACTOR DE MULTIPLICACION DE LA G.E.</b>	M	0,00	M'	1,34	1,41

Fuente: elaboración propia sobre la base del Modelo "Neri" adaptado de Defensa Aérea Integrada del tipo convencional.

Ilustración N° 10: Modelo Matemático Probabilístico (MMP) de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional (Caso Testigo) – Resumen de los Resultados Finales.

La Probabilidad de Supervivencia P/n Misiones (Qn) obtenida fue del 52,2% para el primer escenario modelizado y al disponer de la mitad de las fuerzas, la cantidad total de salidas de combate alcanzan a 534 sobre 1.023 posibles, en definitiva 1 salidas de cada 2 se perdieron.

En el Escenario N° 2 que se agregaron los SAI a los 93 aparatos, que implica la aplicación de medidas de AGE (RWR/MLWS) y las de Ataque Electrónico (chaff/flare e

Interferidor) con el objetivo de enfrentar electrónicamente a los misiles británicos. El primer resultado producido cuando se combate en el Espectro Electromagnético (EEM) con las probabilidades establecidas en el Anexo 5, tenemos que la Tasa de Atrición Total de la DA enemiga (Pkt) del Escenario N° 2 es ahora del 1,32%, cayendo un importante 4,41 puntos por la sola acción de los SAI.

Las pérdidas ahora disminuyen de 44 a 13 aparatos, salvando 31 aeronaves (Nr'-Nr) por la labor de los SAI y dejando un importante remanente (Nr) de 80 aviones para seguir combatiendo, el factor de Factor de Multiplicación de Fuerzas de la GE (M) es ahora de 1,34 veces y la Probabilidad de Supervivencia (Qn) es ahora mayor, con un 86,4% y una mejora de 34,1 puntos. Las salidas de combate alcanzadas son de 883 sobre 1.023; ahora 32 aviones retornan a sus bases.

Manteniendo constantes las probabilidades de las “Variables Amenazas Aéreas” - de los Sistemas de AAA y Caza Interceptora (Defensiva SAM) y las “Variables Defensivas de las Aeronaves” - medidas de AGE y Ataque Electrónico (Defensiva SAM); se agregan al Escenario N° 3, las “Variables Ofensivas SEAD” de los ARM contra los radares embarcados de control de fuego Tipo 909 (Sea Dart) y Tipo 910 (Sea Wolf) electromagnéticos.

Ahora al incluirse las tareas SEAD (disparando según nuestros cálculos 4 ARM por SAM), los resultados obtenidos hacen caer nuevamente la Atrición Total de la DA enemiga (Pkt) del Escenario N° 2 del 1,32% al 0,63; implicando una mejora de 0,69 puntos al dejar fuera de combate a ambos SAM navales y quedando solo el efecto destructivo de los AIM-9L.

En este último escenario, el Número de Aeronaves Perdidas (C) es ahora de 6 unidades, quedando una importante Fuerza Remanente (Nr) de 87 aparatos y además 38 aeronaves fueron salvadas (Nr'-Nr) con la combinación de los SAI más las operaciones SEAD con ARM. La Probabilidad de Supervivencia p/n Misiones (Qn) alcanza ahora un importante 93,3%, y el Factor de Multiplicación de Fuerzas de la GE. (M) es de 1,41 puntos, una mejora de solo 0,07 puntos con respecto del segundo escenario. Las salidas exitosas son de 954 sobre 1.023 posibles.

Si comparamos ahora el Escenario Base N° 1 (CAS - Caso Testigo) y el Escenario N° 3, las diferencias se incrementan cuando tenemos una fuerza no solo diseñada en cantidad, sino también en calidad al proveerles equipos SAI y armas ARM; la Probabilidad de Supervivencia es ahora del 93,3% y no el 52,2% del escenario base, la mejora es del 41,1 puntos. De 44 aeronaves perdidas en el Escenario N° 1, tenemos en el N° 3 solo 6 derribos, salvando a 38 máquinas y un remanente que pasó de 49 a 87 aviones.

Numérica y probabilísticamente hemos presentado a través de un MMP, que un diseño de fuerza aérea de carácter ofensivo debería incluir las capacidades propias de los SAI de GE que reducen considerablemente la efectividad de las armas antiaéreas guiadas enemigas.

En segundo término a través de la capacidad SEAD que otorgan los ARM (“Hard Kill”) para dejar fuera de combate a los sensores de los SAM enemigos, la mejora según el modelo elaborado, es de un importante 41 puntos, permitiéndonos continuar combatiendo por más tiempo y a un menor costo de medios, por ende prolongando la capacidad de lucha en el tiempo.

En definitiva, no solo la cantidad y modelo de aeronave por sus dotes de “combate” conforman el Requerimiento Operativo (RO) en un diseño de avión de combate multirol; sino que deberían incluirse los “factores de calidad” para mejorar la supervivencia de éstas y de sus tripulaciones como los SAI, los interferidores tácticos “stand off” además de la capacidad SEAD dada por los misiles anti-radiación que eliminan físicamente las amenazas de misiles SAM.

## CAPÍTULO III

### LAS OPERACIONES DE SUPRESIÓN DE DEFENSA AÉREAS ENEMIGAS – TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y DOCTRINARIAS

*“En un sistema de armas no solo el avión y el piloto o tripulación contribuyen a la excelencia, sino también la calidad y la eficacia del armamento que se emplea”*

Comodoro (R) Francisco Pío Matassi,  
La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (1990) – Fuerza Aérea Argentina

En el tercer capítulo identificaremos los tipos de equipos de autoprotección y sistemas de supresión que ofrecen la mejor salvaguarda a las fuerzas dentro del entorno electromagnético, propio de una batalla aérea convencional, con el objetivo de definir el requerimiento mínimo de los sistemas a incluir en un diseño de fuerzas y que además incorpore la capacidad ofensiva SEAD.

Esto se realizó a través de un estudio de la evolución histórica desde la IIGM sobre las capacidades y sistemas de GE y SEAD utilizados para reducir las pérdidas aéreas en combate; evolución que fue en principio producto de la mera improvisación para salir del paso ante las amenazas enemigas enfrentadas, o llevados a cabo seria y planificadamente en otros casos más recientes; a través del desarrollo tecnológico de medios.

Conjuntamente, se analizaron las doctrinas de conducción para operaciones SEAD existentes en algunos países que cuentan con esta capacidad perfeccionada, que nos permitirán conocer los actuales modos de empleo.

#### El entorno electromagnético en la batalla aérea

Según el Dr. en Ingeniería Filippo Neri, los principales sistemas de armas se basan esencialmente o sobre la energía electromagnética en las bandas de radiofrecuencia (RF) de microondas o sobre la energía radiante emitida por objetos en la banda de infrarrojo (IR) y a la que podríamos incluir, más allá del espectro visible, a la banda ultravioleta (UV) por su uso efectivo en estas últimas décadas.

Según nuestro criterio profesional, es en las bandas antes mencionadas donde la GE como tal, involucra un conjunto de acciones de combate tanto pasivas como activas y físicas y/o electrónicas dentro de esta cuarta dimensión (electromagnética) con el objeto de controlarla o dominarla a fin de obtener una ventaja militar por un determinado período de tiempo.

En definitiva la lucha en el EEM es la GE, para la doctrina que regula el accionar militar conjunto argentino, ésta actividad se define como “cualquier acción que implica el uso de Energía Electromagnética o Dirigida para controlar el EEM o atacar al enemigo”, en tanto el Combate Electrónico “es el conjunto de tareas realizadas en apoyo de operaciones militares contra las capacidades enemigas en el ámbito electromagnético” (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2012, p. 1); según la doctrina nacional, la GE (2012, p. 2) forma parte integrante e indivisible de las tácticas y procedimientos de la guerra, debiendo siempre ser considerada en conjunción con éstas y no como una operación separada, es decir que su diseño es claramente de carácter conjunto y como tal es responsable en su origen y concepción, el Nivel Estratégico Militar.

El propósito de la GE según nuestro Manual Conjunto “Guerra Electrónica para la Acción Militar Conjunta – PC-13 50, edición 2012; es el de negar al oponente una ventaja en el EEM y asegurar el empleo efectivo del mismo por parte de las Capacidades propias (2012, p. 3). Es en el ámbito del EEM donde la mayoría de los sensores (activos y pasivos) y los sistemas de comunicaciones de Comando y Control (C2), tanto propios como enemigos, operan e interactúan.

Además el EEM es un medio común donde las fuerzas militares propias, aliadas, enemigas, neutrales y además las civiles se encuentran presentes y tratan de controlarlo a través de diversas acciones o tareas “desarrolladas a fin de explotar las oportunidades y vulnerabilidades que son inherentes a las propiedades físicas de la energía electromagnética” (2012, p. 3).

En definitiva, las partes involucradas en un conflicto tratan de alcanzar un cierto grado de superioridad o dominio sobre el espectro, tal cual se realiza sobre los ambientes terrestre, naval y aeroespacial con el fin de imponer la propia voluntad sobre cualquier otro actor.

Especialmente en tiempos de guerra, las fuerzas en oposición con el objeto de controlarlo por sobre el enemigo (negarle el uso) y de poseer la libertad de acción sobre éste, se realizan diversas tareas electromagnéticas (EM); entre las que debemos destacar el Reconocimiento Electrónico, las “medidas blandas” (“Soft Kill” en inglés) y de la “destrucción física” conocidas como “medidas duras” (“Hard Kill”); son las formas de impedirle al enemigo el uso efectivo de sus equipos y sistemas tanto militares como civiles involucrados en un conflicto. El control es a través del empleo de armas convencionales y/o especiales. Lo más relevante a Nivel Estratégico Militar, es que todas estas tareas conjuntas deben contemplar el diseño, desarrollo e implementación de las capacidades militares necesarias para llevarlas a cabo.

El dominio, superioridad o control del EEM está estrechamente relacionado con el desarrollo tecnológico de los países involucrados, además de la cantidad y calidad de los recursos

electromagnético (EM) que se han adquirido, construido o desarrollado. Esto está relacionado directamente en la actualidad con el grado de progreso económico y científico alcanzado tanto en el ámbito civil como militar.

En definitiva los objetivos fundamentales de la GE según el derogado RC 13-50; fueron en primer término, determinar la existencia, ubicación, disposición y grado de amenaza de todas las armas, sensores y sistemas de comunicaciones que utilizan las radiaciones electromagnéticas a fin de obtener el Orden de Batalla Electrónico<sup>41</sup> (OBE) del enemigo (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 1999, pp. O-10-13). El segundo, era negar al enemigo el uso efectivo de los sistemas que utilizan radiaciones EM, degradándolos o tornándolos inefectivos y en tercer término, fue asegurar el uso efectivo de las capacidades EM propias, independientemente de las acciones contrarias a tal fin, intencionales o no, provenientes de cualquier fuente.

Entonces negarle al enemigo el uso del SDAI involucra combatir en el ambiente EM y en el físico del campo de batalla, atacando los sensores (activos y pasivos), los sistemas de comunicaciones que articulan el Comando y Control (C2) y a las armas que lo conforman (aeronaves de caza, sistemas de misiles y cañones de AAA) y que representan una amenaza.

Específicamente, el vigente Manual de Guerra Electrónica para la Acción Militar Conjunta (PC-13 50, edición 2012) define claramente la relación existente entre la GE y las tareas SEAD (2012, p. 43) para neutralizar a los SDAI:

La GE proporciona a los medios involucrados en tareas SEAD el apoyo con interferencia electrónica cercana y también fuera del alcance de las armas (stand off) de los radares; interfiere enlaces de datos y comunicaciones de voz, afectando así las capacidades de comando y control del enemigo. A su vez neutraliza las capacidades del adversario de alerta temprana y de los radares de control de interceptación, realizando interferencia de ruido o engaño...

En forma indirecta podemos afirmar que la superioridad por el control del EEM es condición necesaria pero no suficiente para alcanzar la superioridad aérea, sino que además de dominar el EEM, es necesario un control físico efectivo sobre las defensas aéreas enemigas para completar así la condición de suficiencia que nos permitiría alcanzar dicha superioridad aérea.

Un visionario sobre el uso del Poder Aéreo como Giulio Douhet sostenía ya en los años 20 que “el aeroplano es el arma ofensiva por excelencia” (1998, p. 15) y para conquistar o alcanzar

---

<sup>41</sup> OBE: Composición, localización, organización y grado de amenaza de todos los sensores, armas, y sistemas de comunicaciones que utilizan radiaciones electromagnéticas y acústicas, con indicación de sus ubicaciones dentro de los respectivos espectros (RC-002, Diccionario para la Acción Militar Conjunta, 1999).

el dominio del aire afirmaba, “es necesario destruir todos los medios de vuelo del enemigo, sea en vuelo, sea en sus bases, sea en sus establecimientos de producción, sea en fin en cualquier parte donde existan o puedan construirse” (1998, p. 34), esas enseñanzas las hemos incorporado hace tiempo en nuestra doctrina específica, pero desde la aparición del radar, los misiles y los sensores pasivos, el EEM se convierte en un campo de batalla relevante a conquistar.

En definitiva, podemos concluir que la combinación de la Batalla Electrónica y física sobre el SDAI enemigo, logrará neutralizarlo como amenaza para el Poder Aéreo; ya no basta con aniquilar los medios aéreos, debemos también destruir sus modernas y más efectivas armas antiaéreas, atacándolas física y electrónicamente, potenciando la idea de “arma ofensiva de las aeronaves” de Giulio Douhet.

### **La tecnología para la protección de fuerzas aéreas contra las armas antiaéreas**

La pregunta que guiará este título es ¿cómo las fuerzas aéreas empeñadas en un conflicto convencional pueden hacer frente a las amenazas aéreas que conforman un SDAI?

La respuesta se puede responder analizando la historia y evolución de los conflictos donde el Poder Aéreo ha sido relevante y donde se hayan tomado las medidas necesarias para minimizar los efectos de las defensas aéreas a través de dispositivos ingeniosos que hayan reducido la efectividad de misiles y cañones guiados por sistemas de radar y/o cámaras electroópticas. En el presente título se ha realizado un breve análisis cronológico e histórico sobre la aparición y evolución de los dispositivos de GE que alertan y minimizan la efectividad de la AAA enemiga.

#### **Los sistemas de alerta radar**

Dado el principio de funcionamiento de los SDAI de destruir a los aviones atacantes lo más lejos posibles de los blancos vitales a defender, sus sensores deben detectar a los atacantes con suficiente antelación para activar su ciclo de reacción para adquirir, calcular, apuntar, perseguir, corregir, alcanzar y destruir el blanco; ciclo que debe ser lo más acotado posible para ser eficiente.

Inevitablemente, dado que las señales radar viajan más allá del alcance de pantalla instrumentada por los fabricantes, los ingenieros franceses de una pequeña fábrica en los suburbios de París vieron la posibilidad de explorar ese exceso de señal con el objetivo de poner de sobre aviso a las aeronaves ofensivas sobre la presencia de señales EM de radares asociadas a los cañones enemigos; además de estimar la dirección de procedencia de la emisión EM del radar adversario. Este pequeño aparato conocido como interceptor o detector de señales radar, dio origen a los Radar Warning Receiver (RWR) o Receptor de Alerta Radar.

El primer ejemplar de un receptor de interceptación de señales radar, conocido como R600A, estaba totalmente desarrollado por la empresa francesa Metox cuando los alemanes invadieron la capital francesa en junio de 1940; dado que los captores germanos desconocían su funcionalidad fue llevado por su Marina para develar el misterio. Fue replicado y adaptado en buques y submarinos, otorgándole una primera ventaja táctica para evitar el encuentro y combate contra los aviones caza submarinos y navíos británicos, a la vez le permitía localizar los convoyes de barcos mercantes aliados en el Atlántico para atacarlos (De Arcángelis, 1983, pp. 50-51).

Desde el punto de vista aéreo, en la primavera del 44 los alemanes desarrollaron especialmente un receptor de radar llamado FuG 227 “Flensburg” para los cazas nocturnos de la Luftwaffe para detectar a los bombarderos británicos que usaban desde junio del 42, un radar de cola embarcado ARI 5664 “Mónica”. El FuG 227 dejó de ser efectivo cuando la RAF ordenó retirar el radar “Mónica” de todos sus bombarderos en julio de 1944 como consecuencia que en la mañana del 13 de julio, un caza nocturno Junkers Ju 88G-1 equipado con el “Flensburg” aterrizó por error en la de Base Aérea “Woodbridge” de la RAF.

La versión mejorada del “Metox” fue el alertador radar FuG 350Z “Naxos” que equipó a los cazas nocturnos Ju-88 desde septiembre de 1943, para la localización del radar británico H2S de cartografía y detección de objetivos terrestres embarcado en sus bombarderos.

A los pocos meses de iniciada la Guerra de Corea, los sistemas de alerta radar fueron rescatados de los depósitos de rezagos y de la industria americana, se instalaron en los veteranos bombarderos B-25J; B-29A para contrarrestar a los radares de control de fuego provistos por los chinos a los norcoreanos y en los B-26 “radar busters” del Grupo de Bombarderos 452 para tareas ELINT con el objetivo de localizar los radares en territorio norcoreanos; pero los RWR fueron nuevamente dejados de lado finalizado este conflicto producto que la USAF para 1955 se movería en direcciones divergentes en materia de GE (Kuehl, 1992, p. 5 y 239).

La aparición de los primeros SDA electrónicamente integrado, como el SA-2 “Guideline”, durante la guerra de Vietnam con más de 100 sitios SAM emplazados en el norte del país, reavivó la necesidad de contar con alerta suficiente para evitar el derribo de cazas y bombarderos a partir del 24 de julio de 1965, cuando un F-4B “Phantom” de la USAF fue alcanzado por este misil y averiando a otros tres (Stiles, 1990, p. 3), y poniendo en “amenaza mortal” a la supremacía aérea norteamericana.

El SA-2 expuso a los aviones americanos a una amenazadora probabilidad de derribo de casi el 10% en la recién iniciada campaña aérea “Rolling Thunder” a partir del 2 de marzo de 1965.

Para fines de ese año, los SA-2 habían derribado 25 de los 171 aparatos perdidos; los vietnamitas obtuvieron 1 derribo por cada 13 misiles disparados (Brungess, 1994, p. 5). Esta alarmante estadística llevó a los altos mandos de EEUU a reconocer que la única forma de hacer frente a los SAM era volver a los sistemas de GE con los cuales en esos momentos no contaban.

Un pedido del gobierno empujó a la industria electrónica estadounidense al desarrollo apresurado de equipos que alerten a los pilotos la presencia de los radares enemigos. Los primeros RWR entregados por la pequeña empresa Applied Technology; fueron los modelos APR-25 “Vector IV” y APR-26 que trabajaban solo en las bandas de amenaza de los radares de seguimiento de los SA-2 y SA-3 rusos desplegados en Vietnam (Stiles, 1990, p. 3).

El APR-25 dio sus primeros grandes resultados en las misiones de combate a inicio de 1966; su éxito hizo que se ordenaran 1.400 unidades en solo dos años para la USAF y USN (Northrop Grumman Corp., p. 5), instalándose principalmente en los veteranos caza-bombarderos F-100D “Super Sabre” y F-105D “Thunderchief”, bombarderos B-52F/D “Stratofortress” y en el nuevo caza F-4B/C/D “Phantom” (De Arcángelis, 1983, p. 216). Le siguieron las versiones APR-35/36/37 entre 1966 y 1970. El primer RWR analógico-digital ALR-45 fue lanzado en 1970.

Durante el CAS, la RAF y RN equiparon ambas versiones de “Harrier” GR.3 y “Sea Harrier” FRS.1 con el RWR británico Marconi ARI-18223, que les dieron una ventaja importante frente a los cazas argentinos, al detectar anticipadamente al radar Thomson-CSF “Cyrano II” de los M-III EA y al “Agave” de los SUE; mientras que los aviones de combate de la FAA carecían de este equipamiento, los únicos con un RWR Thomson-CSF BF eran los flamantes SUE de la AVN.

Los sistemas de RWR de amplio y masivo uso por las principales potencias desde la década del 70, siguen muy vigente hasta nuestros días tanto para uso militar como civil en aviones, barcos, vehículos y estaciones terrestres. Como experiencia de la Guerra de Malvinas la FAA, incorporó en 1998 los cazabombarderos A-4AR “Fighting Hawk” con un SAI controlado por el RWR estadounidense ALR-93 de la entonces Litton Systems.

### Los interferidores de Radio Frecuencia (RF)

Ni bien iniciada la IIGM, los británicos fueron los primeros en emplear interferidores de RF<sup>42</sup> para contrarrestar a los radares y comunicaciones alemanas. Utilizaron equipos basados en tierra sobre el archipiélago contra los radares costeros de alerta temprana y aéreos embarcados en bombarderos contra las comunicaciones que guiaban a los caza-bombarderos alemanes que despegaban desde suelo francés para atacar el Reino Unido.

---

<sup>42</sup> RF, Radio Frecuencia.

Los alemanes hicieron lo propio desde febrero del 42 durante el paso de tres cruceros de batalla por el Canal de Mancha desde el puerto francés de Brest hasta Alemania, cuando desde la costa francesa interfirieron a los radares de alerta aérea temprana ubicados en la costa británica, para enmascarar a los aviones alemanes que escoltaban la travesía de los valiosos buques.

En materia de interferidores aéreos, el Comando de Bombarderos de la RAF creó a fines de 1943 el Grupo N° 100 para llevar a cabo tareas específicamente de perturbación electrónica contra los radares alemanes ubicados en la costa francesa (Fraley, 1986, p. 8). Los bombarderos Avro 683 “Lancaster” de esta nueva unidad equiparon el perturbador “Mandrel”, expresamente construido contra los radares alemanes “Freya” de alerta temprana (De Arcángelis, 1983, p. 99).

Por su parte, los estadounidenses fabricaron con ayuda británica, el sistema APT-I “Dina” (copia del “Mandrel”) contra los “Freya” y el APT-2 “Carpet I” para interferir a los radares de AAA “Würzburg” (De Arcángelis, 1983, p. 102); por la escasez inicial de estos equipos solo instalaron uno en cada flota de bombardero B-17 al inicio de los ataques sobre Alemania (Fraley, 1986, p. 15). Luego, una amplia gama de interferidores equiparon a todos los bombarderos americanos para atacar los radares y comunicaciones alemanas (Yeager, 1945, pp. 19-26).

Los británicos utilizaron interferidores basados en tierra inglesa contra los radares aéreos germanos con total éxito; el primero apodado “Ground Grocer” se utilizó para reducir el alcance efectivo de los primeros radares FuG-202 “Lichtenstein” embarcados en los bombarderos Do-217, Ju-88 y cazas Bf-110D. Emplearon también los perturbadores embarcados “Dina II” y “Piperack” para degradar los radares de la familia “Lichtenstein” que equipaban los cazas bombarderos alemanes desde septiembre de 1944 (Fraley, 1986, p. 16).

La perturbación electrónica más efectiva registrada por el Comando de Bombardeo británico (Holp, 2012, p. 12) contra las defensas aéreas alemanas fue el 24 de julio de 1943 durante “unos de los bombardeos más terroríficos de la historia” sobre Hamburgo (De Arcángelis, 1983, p. 103). En esta operación se utilizaron los perturbadores APT-2 “Carpet I” en bombarderos “Lancaster” contra los radares de AAA “Würzburg”, al mismo tiempo que la primera oleada de bombarderos británicos, al recibir la orden radial “windows”, lanzaron grandes nubes de chaff que generaron miles de falsos aviones en las pantallas de los radares alemanes, incapacitando a la defensa antiaérea.

La Guerra de Corea trajo aparejada la necesidad de recuperar también los interferidores de radar de artillería y vigilancia aérea que habían caído en desuso luego de finalizada la IIGM; tal como había pasado con los RWR, se reutilizaron para degradar los radares de Corea del Norte.

Con la aparición en escena del SA-2 durante la Guerra de Vietnam, se desarrollaron contenedores (pods) de perturbación más pequeños que podían ser instalados en los cazas que interferían la medición de distancia de los radares de AAA vietnamitas. Para fines de 1963 la USAF probó una familia de pods de autoprotección ALQ-71, diseñados para transmitir señales confusas de distancia, azimut y dirección al radar de control de fuego SNR-75 “Fan Song”. Fueron instalándolos inicialmente en los pilones de los viejos F-100D “Super Sabre” y del nuevo Republic F-105 “Thunderchief”. Posteriormente se emplazaron masivamente en aviones A-7, F-4, RF-101C, B-52, B-57 y en drones AQM-34 utilizados como señuelos para SAM que simulaban ser aviones B-52.

El enfrentamiento electrónico contra los SA-2 y SA-3, obligó a la USAF hacia mediados del 67 a reequipar a las versiones de aviones RB-66C y EB-66C con nuevos y poderosos perturbadores “stand off” para neutralizar a los radares de alerta temprana P-18 “Spoon Rest” y P-38 “Bar Lock”; y a los de control de fuego SNR-75 “Fang Song” y SON-9 “Fire Can”. Los aviones de Inteligencia Electrónica EC-121 fueron protegidos con un nuevo perturbador ALQ-110.

A las aeronaves EF-105G “Wild Weasel III” para tareas SEAD, se les instalaron dos nuevos pods de interferencia y engaño ALQ-105, específicos contra los radares de los SA-2 y SA-3. Para 1965 dos aeronaves de ataque que se enfrentaban frecuentemente a los SAM vietnamitas, el Douglas A-4E “Skyhawk” (USMC) y el Grumman A-6 “Intruder” (USN) recibieron los interferidores de autoprotección ALQ-51. En setiembre de ese año, un piloto de A-4E informó haber logrado bloquear el haz de seguimiento de un radar “Fan Song” que lo había estado rastreando, cuatro días después, un A-6 “Intruder” utilizó su interferidor de engaño para escapar de media docena de SAM lanzados contra su escuadrilla (Nalty, 2013, pp. 53-54).

La incorporación en 1965, fruto de un diseño de fuerzas con capacidad SEAD, del EF-4C “Wild Weasel IV” en reemplazo del EF-105G “WW III”, recibió un moderno y potente pod multibandas ALQ-119 de interferencia y engaño. Este exitoso pod de contramedidas fue usado intensivamente desde Vietnam hasta su modernización en 1982 bajo la denominación ALQ-184.

Un nuevo diseño de capacidades SEAD conjunta entre la USAF y USN, llevó hacia finales de los años 60 al desarrollo del primer sistema de interferencia táctica ALQ-99, estaba controlado por computadora y totalmente integrado; poseía capacidad de interceptar y procesar automáticamente las señales de radar y de administrar la energía emitida por sus dos transmisores para bloquear de manera más eficaz, varias amenazas de forma simultánea.

El despliegue a Vietnam de este pod a principios de la década de 1970 fue a bordo de los EA-6B “Prowler” de la USN, luego en 1977 fue instalado en el EF-111 “Raven” (modificación

del bombardero F-111 “Aadvark”) de la USAF, en reemplazo de los veteranos EB-66C en tareas de interferencia “stand off” contra los SAM. Los “Raven” y “Prowler” fueron utilizados en la Guerra del Golfo de 1991 con excelentes resultados (The Hook Staff, 2015, pp. 26-35), en tanto el sistema en pod ALQ-99 ha sufrido múltiples actualizaciones y continúa aún hoy en servicio en los EF-18 “Growler” de la USN.

Para el CAS; según hemos investigado, el diseño de fuerzas británico no preveía que la familia “Harrier” contara con medidas electrónicas activas de autoprotección; solo cuatro aparatos GR.3 de la RAF (matrículas XZ133, XV778, XZ992 y XW919) tenían instalado un interferidor de autoprotección improvisado; denominado “Blue Eric” IIRC en la nariz del pod del cañón de 30 mm (Romero Briasco & Mafé Huertas, 1984, p. 247), adaptó caseramente elementos del pod “Sky Shadow” del avión multirol “Tornado”, aunque no hay pruebas que se hayan utilizado operativamente en el CAS; en tanto que la FAA y la AVN carecían de ellos en todas sus aeronaves ofensivas y de apoyo operativo.

Los únicos aviones de la RAF que contaron, con una barquilla externa de interferencia de autoprotección y escolta Westinghouse ALQ-101 (V-10), fueron 5 bombarderos retirados “Vulcan” B.2 (matrículas XM597, XM598, XM607, XM612 y XL391) que conformaron en mayo del 82 el Escuadrón 101 para tareas de SEAD contra radares argentinos (Aviation Classics, 2016).

Junto al ALQ-101 (V-10) se emplazó, también improvisadamente, la capacidad de lanzamiento de dos misiles anti-radiación AGM-45 “Shrike”; ambos sistemas se montaron sobre un viejo cableado instalado en estos aviones en la década del 60 para el misil nuclear AGM-48A “Skybolt” en dos estaciones subalares. Los pods ALQ-101(V-10), provenientes de los veteranos bombarderos británicos Blackburn S.2B “Buccaneer” (Powell, 2003, p. 85) se vincularon con el ya existente sistema RWR ARI-18228 para la recepción de las señales, en tanto que las librerías de reconocimiento de los radares argentinos fueron provistas por las fábricas europeas “aliadas” (Silva M. A., 2012, p. 11 y 12) y específicamente para el radar TPS-43 por la USAF o probablemente por la fabricante Westinghouse, completando así la capacidad SEAD de que carecía la RAF para fines de la década de 1970.

### Los señuelos pasivos antirradar (el chaff)

A principios de 1942, la científica británica Joan Elizabeth Curran del TRE<sup>43</sup>, investigó y detalló que lanzando al aire un grupo concentrado de múltiples paquetes con tiras de aluminio

---

<sup>43</sup> Telecommunications Research Establishment, fue la principal organización de investigación y desarrollo del Reino Unido para radio navegación, radar, detección de infrarrojos para misiles en busca de calor y trabajos

desde una aeronave a la vez, se conseguía un cúmulo tal de señales de eco falsos o fantasmas que lograban camuflar a los verdaderos bombarderos.

Los señuelos radar, chaff, reflectores o dipolos antirradar, fueron durante la IIGM un artilugio de engaño empleado por los aliados occidentales para crear respuestas espurias en los receptores de radares enemigos con el objeto de enmascarar a la masa de bombarderos durante los ataques sobre Alemania (Yeager, 1945, p. 72).

Paradójicamente, los primeros en desarrollarlo fueron los alemanes bajo el nombre de “duppel”, pero Adolf Hitler ordenó cancelar el programa y destruir la documentación; oficialmente fue llamado “reflector” por el US Air Corps y como “windows” por los británicos (De Arcángelis, 1983, p. 104).

Los “chaff” lanzados cronométricamente por 24 aeronaves cada un minuto junto al interferidor ATP-2 “Carpet I”, dejaron totalmente “inoperativos a los radares alemanes “Würzburg” la noche del 24 de julio de 1943 durante la Operación “Gomorra” que arrasó Hamburgo. Los resultados de la combinación “chaff e interferidor” fueron espectaculares, crearon una gran confusión en la defensa aérea alemana; los proyectores lumínicos guiados por radar vagaban sin rumbo por el cielo, los cañones AA dispararon al azar o simplemente no lo hacían; en tanto que radares de los cazas nocturnos tenían sus pantallas inundadas por ecos falsos impidiendo que localizaran la corriente de bombarderos aliados; los británicos perdieran esa noche 12 de los 791 bombarderos (1,5% de derribos), el más bajo desde iniciados los raides sobre Alemania (De Arcángelis, 1983, pp. 102-104).

El dispositivo chaff se continúa produciendo hasta hoy y se utiliza masivamente en plataformas aéreas, navales y terrestres en diferentes calibres y tipos de lanzadores, para perturbar y apartar del blanco a todos los misiles guiados por radar.

Durante el CAS, los ingenieros de la FAA habían calculado los cortes de laminillas metálicas para improvisar chaff combinados con bengalas dentro de paquetes envueltos en papel e instalados en los cartuchos de arranque de los bombarderos MK-62 “Canberra”; fueron utilizados con cierta efectividad el 1º de mayo cuando un avión de la Escuadrilla “Ruta” logró divisar un lanzamiento “Sea Dart” desde el portaviones HMS “Invincible” y tras un viraje brusco a baja altura, lanzó los chaff logrando que el misil impactara en el agua detrás del avión (Matassi, 1990, p. 99).

---

relacionados para la RAF durante la IIGM y los años subsiguientes. El nombre fue cambiado a Radar Research Establishment en 1953 y nuevamente en 1957a Royal Radar Establishment.

Los navíos de guerra británicos durante el CAS hicieron un uso intensivo del chaff contra los lanzamientos de misiles AM-39/MM-38 “Exocet” de la AVN, dado que todos los buques se encontraban equipados con lanzaderas de chaff/flare como dotación normal y permanente según el diseño de la flota y la doctrina de empleo imperantes en la RN desde la IIGM.

Los “Sea Harrier/Harrier” en abril de 1982, además de interferidor, también carecían de un mecanismo para enfrentar una amenaza de AAA convencional como el dispensador de chaff y flare. La estrategia naval británica que lo había hecho con sus buques, nunca había diseñado a la fuerza de aeronaves embarcadas FRS.1 con capacidad para auto defenderse; con lo que debió improvisar durante mayo del 82 la instalación de un interferidor y de un lanzador de chaff/flare.

Los ingenieros navales británicos diseñaron dos innovadores sistemas de entrega de chaff; el primero consistía en seis paquetes almacenados en los frenos de aire que cuando se desplegaban, podían ser lanzados en vuelo; el ingenio fue conocido como “modificación de Heath Robinson”. En tanto que un segundo sistema, utilizado solo cuando el avión se configuraba como bombardero, se instalaba un manojo de chaff entre el pilón de bombas y la bomba misma; pero este solo podía ser dispensado una vez que cada bomba hubiera sido lanzada (Ward, 1992, p. 193).

También en forma apresurada, fue modificada la versión GR.3 de la RAF, con la incorporación de un verdadero sistema dispensador ALE-40 de origen estadounidense, pero llegó sobre el final del conflicto en cuatro aviones; de los cuales dos habrían sufrido accidentes operacionales (Ward, 1992, p. 127), por lo cual no fueron utilizados. En definitiva, tanto componente aéreo británico como el argentino no contaron con un diseño correcto de fuerzas que brindara las capacidades operativas de protección electrónica adecuadas para enfrentar el conflicto.

El primer dispensador de chaff/flare incorporado por la FAA en los años 2000 fue el ALE-47 asociado al RWR ALR-93 instalados en los cazabombarderos A-4AR “Fighting Hawk”.

Los señuelos remolcados o “towed decoy”, son dispositivos que generan sus propias señales EM que imitan a las transmitidas por el radar o misil enemigo en fase de seguimiento y aproximación; tienen como objeto proveer un blanco alternativo más atractivo que la propia aeronave (Rodrigues, 1997, p. 2). A diferencia del chaff que es un dipolo<sup>44</sup> pasivo, los señuelos remolcados son activos, ya que imitan y amplifican las señales EM de radares y misiles enemigos.

Los primeros señuelos lanzables fueron utilizados por los submarinos alemanes “U-boats” a partir de 1942. Un ingenio apodado “Bold” consistía en un recipiente metálico de 10 cm

---

<sup>44</sup> Dipolo, conjunto de dos polos eléctricos o magnéticos de igual magnitud y signo contrario, y muy próximos.

lanzado a través de un simple aparato eyector llamado “Pillenwerfer” que generaban químicamente burbujas, las que actuaban como una cortina reflectora de los impulsos acústicos de los torpedos y sonares enemigos durante 20 minutos (Branfill-Cook, 2014, p. 162). Una mejora posterior fue el “Sieglinde”, que movía el recipiente con motores eléctricos alimentados por un cable desde el submarino; la totalidad de la fuerza de U-boats utilizaron como diseño de fuerzas, ambos sistemas.

Con el mismo principio de los señuelos remolcados de los submarinos, llevó en la década del 90 a la empresa Raytheon a desarrollar por su cuenta el sistema ALE-50 para proteger aviones de misiles en vuelo guiados por radar. Esta contramedida es remolcada detrás del avión anfitrión, proporcionando ondas de RF que atraen a los misiles lejos del aparato. Los señuelos están acoplados al avión por un cable de fibra óptica, a través del cual se lo controla y retrotrae hacia la aeronave para recuperarlo en caso de que no sea alcanzado por el misil y así reutilizarlo (Adamy, 2001, p. 224), existen también modelos descartables que luego del uso guillotinan el vínculo.

Desde 1996 la USAF decidió instalar los ALE-50 en la flota de costosos bombarderos pesados B-52H y B-1B “Lancer”, y en los F-16CJ “Wild Weasel”; por el lado de la USN equiparon a los F/A-18E “Super Hornet” más antiguos. Apodado “Little Buddy<sup>45</sup>” por los pilotos de “Wild Weasel”, tuvieron su primer uso operacional en todas las misiones SEAD durante la campaña aérea “Deliberate Force” realizada por la OTAN en 1995, donde tuvieron un relativo éxito por salvar varios aviones atacados por los SAM serbios (Bolkcom, 2001, p. 2).

Durante el año 1999 se produjo expresamente una versión mejorada del ALE-50 (V) Lote-3 con capacidad de resistir mayores aceleraciones, para la campaña aérea “Allied Force” de la OTAN en Kosovo para destruir la infraestructura militar yugoslava desde grandes altitudes, lejos de los misiles SAM. Desde la invasión de Irak en 2003, los “Little Buddy” se han transformado en una parte importante de los SAI de las aeronaves interdictoras occidentales (Carroll, 2019).

Los señuelos Raytheon ALE-55, desarrollados a partir del 2005 para reemplazar a los ALE-50, surgieron por pedido expreso de la USN para modernizar la totalidad de la flota de F/A-18E/F “Super Hornet”. Fabricados hasta 2010, equiparon también a los F-15 C/D/E “Eagle/Strike Eagle” y bombarderos B-1B “Lancer” de la USAF (Bolkcom, 2001, p. 19). El señuelo remolcado BAe Systems ALE-70 (V) es desde 2018, el más avanzado sistema de contramedidas activas de RF recuperables de la USAF y USN para las tres versiones del avión furtivo F-35 “Lightning II”.

---

<sup>45</sup> Little Buddy, en inglés “pequeño amigo”.

La compañía alemana Hensoldt produce desde fines de los 90 el señuelo remolcado “Sky Buzzer” en las versiones recuperable y descartable en paracaídas para los Panavia “Tornado” ECR (Combate Electrónico y Reconocimiento) y en los “Typhoon” de la Luftwaffe.

A pedido de la Fuerza Aérea Sueca, la empresa Saab Group produce desde 1998 el señuelo remolcado descartable BO2D, diseñado para proteger a los nuevos multirol Saab JAS-39 NG “Gripen”. El sistema, asociado al RWR AR830, se adapta a dos lanzaderas subalares de chaff/flare BOZ/BOP de 55 mm.

Durante la primera década del 2000, la Fuerza Aérea de Rusia a través del Instituto KNIRTI<sup>46</sup> con sede en Moscú, realizó desarrollos muy importantes en la tecnología DRFM<sup>47</sup> y en los señuelos remolcados. Un primer modelo fue presentado en 2003 en la feria tecnológica de Minsk (Bielorrusia) bajo el nombre “Lobushka” y según los rusos era comparable al ALE-50 estadounidense. Está pensado para los cazas MiG-29 “Fulcrum” para seducir misiles A-A norteamericanos auto guiados por radar AIM-120 AMRAAM (Luczak, 2003, pp. 44-45).

#### Los sistemas de búsqueda y seguimiento térmico en las bandas de infrarrojos (IR)

La historia de los detectores o alertadores infrarrojos (IR) se inicia a partir del experimento del astrónomo germano-británico William Herschel en febrero de 1800, pero los detectores IR, útiles porque ofrecían a los militares la posibilidad de ver en la oscuridad sin ser visto, se comienzan a desarrollar en la IGM para capturar imágenes y medir patrones de radiación térmica que emiten todos los objetos (De Arcángelis, 1983, pp. 271 - 272).

Fue el físico húngaro Kálmán Tihanyi quien en 1929, inventó una cámara de televisión electrónica (o termográfica) sensible al IR para la defensa antiaérea del Reino Unido. Recién en 1935 la compañía alemana AEG introdujo un convertidor de imagen IR que podría generar una imagen visible en una pantalla fluorescente para dispositivos de visión nocturna de uso militar.

Para 1940 AEG había perfeccionado el “Spanner Anlage” compuesto por el detector IR fotomultiplicador (cámara FLIR<sup>48</sup>) colocado frente al piloto y un gran reflector IR en la nariz del bombardero Do-17 Z-10 Kauz II y debajo de los cazas Bf-110 E-1/U1, que iluminaba el objetivo a corta distancia durante la noche; pero resultaron inútiles en la práctica por el pobre rango de detección de tan solo 200 metros.

---

<sup>46</sup> El Instituto de Investigación de Radio Ingeniería de Kaluga (KNIRTI) es un diseñador líder de sistemas de guerra electrónica aerotransportados en Rusia. Desde 1957, KNIRTI ha estado desarrollando sistemas de reconocimiento electrónico y contramedidas para diversas plataformas, incluidos vehículos aéreos y espaciales.

<sup>47</sup> DRFM, acrónimo en inglés de Digital Radio Frequency Memory (Memoria Digital de Radio Frecuencia).

<sup>48</sup> FLIR, acrónimo en inglés de Forward Looking Infra Red (Visor Frontal en Infrarrojos).

El FuG 280 Kiel Z fue un detector IR pasivo con 10 grados de visión y visualización por TV para cazas nocturnos Bf-110 D-1/U1, capaz de detectar los motores y escapes de gases de bombarderos hasta 2,5 Nm. No tuvo mucho éxito porque padecía de problemas de discriminación entre una bengala de señuelo, las estrellas u otras fuentes IR de una aeronave; ambos sistemas fueron reemplazados en 1942 por radares FuG 202 “Lichtenstein” (Fraley, 1986, pp. 12-29). Con el advenimiento de la era de los misiles y los adelantos en materia de radares en las décadas del 50 y 60, los sensores IR fueron dejándose de lado para localizar bombarderos estratégicos, para enfocarse en la detección y direccionamiento de los misiles A-A y SAM.

La tentadora idea desde la IGM de combatir de forma nocturna, hizo que las grandes potencias involucradas en la Guerra Fría invirtieran grandes recursos en el desarrollo científico en el ámbito del IR, en especial en materia de sensores pasivos para la detección del calor emitido por los motores de aviones y misiles, esta tecnología recibió el nombre de “Infra Red Search and Track<sup>49</sup>” (IRST o IRSTS), el primer uso de este sistema fue en 1963 con la modernización de la flota de cazas F-101B “Voodoo” a orden de la USAF, se le incorporó un sensor IR delante de la cabina de pilotaje con el que se interceptó exitosamente durante la noche un F-102 “Delta Dagger”.

Luego, bajo un concepto de fuerza estandarizada, las modernizaciones de aviones F-102 “Delta Dagger” y F-106 “Delta Dart” recibieron también entre 1963 y 1965 un montaje retráctil frente a la cabina de pilotaje. Por su parte la USN incorporó un IRST Texas Instruments AAA-4 en los cazas Vought F-8E “Crusader”; la USAF lo instalaría bajo la nariz de los por entonces nuevos F-4B/C “Phantom II”.

Estos sistemas fueron ampliamente utilizados por estas aeronaves durante los primeros años del conflicto de Vietnam, gracias a que ofrecían además la posibilidad de detectar el lanzamiento de misiles y de cualquier otra fuente de calor sobre la superficie, pero no fueron tan efectivos como se esperaba por el estado precario de la tecnología de los años 60, como el AAA-4.

La USAF en 1972, durante el programa integral de modernización de bombarderos F-111A “Aardvark” a la versión D, equipó un IRST Avco Corporation ALR-23 que le daba capacidad de búsqueda y seguimiento, además de generar imágenes IR por TV; fueron utilizadas hasta su retiro en 1992. Paralelamente la USN lo instala en todos sus cazas navales F-14A “Tomcat” pero se usaron tácticamente con muy poco éxito en Vietnam.

Los soviéticos vieron igualmente conveniente contar un sistema IRST; el primero de 1972 fue el TP-23ML instalados sobre el MiG-23ML “Flogger G” que le otorgaba una capacidad de

---

<sup>49</sup> IRSTS, acrónimo en inglés de Infrared Search And Track System (Sistema IR de Búsqueda y Seguimiento).

detectar misiles en vuelo hasta las 27 Nm; versiones posteriores de este avión usaron el 26SH1. La segunda aeronave rusa equipada desde los años 70 y empleada hasta hoy fue el MiG-25PD con un pequeño IRST bajo su nariz (Gordon & Komissarov, 2015, p. 66).

En los años 90 la USAF adoptó la versión en pod AAS-42 que se instaló debajo del fuselaje de los F-16C y F-15C. En abril de 2002 Corea incluyó la versión de exportación “Tiger Eyes” para sus flamantes F-15K “Slam Eagle”. En 2006, la Fuerza Aérea de Singapur confirmó este modelo como parte del sistema EO/IR<sup>50</sup> de los F-15SG “Strike Eagle” ordenados a EEUU.

El programa “IRST21” de la USAF, tuvo como objetivo mejorar las prestaciones de sensibilidad del sensor IR del AAS-42, que les permitiera principalmente a los cazas F-15C “Eagle”, detectar y seguir blancos aéreos de tecnología “Stealth”; convirtiéndose en el principal y casi único elemento para detectar aviones “furtivos” en vuelo (Trevithick & Rogoway, 2019); es de los más modernos sistemas actualmente en servicio operativo y ofrecidos en el mercado occidental.

A pedido de la USN en 2011 de un nuevo IRST para los F/A-18F “Super Hornet”, la compañía Boeing lanzó el desarrollo del ASG-34 “Legion Pod”; para 2014 se habían hecho las pruebas en vuelo y comenzaron a instalarse en 2017 (Jane’ Defence Weekly, 2014, p. 5); por su parte la Real Fuerza Aérea Australiana adquirió en 2019 una docena de éstos para su flota de “Super Hornet”. En 2016 el Air Force Test Center (AFTC) de la USAF inició pruebas en un F-16V “Viper” en el cañón “Stars Wars” del Área-51; entre 2020 y 2021 entraron en servicio en todos los modernizados cazas de superioridad aérea F-15C “Eagle” y multirol F-16C/D/V de la USAF.

Como enseñanza de la Guerra de Vietnam, los soviéticos incorporan para 1982 en su entonces moderna flota de cazas multirol MiG-29B “Fulcrum”, un sistema IRST frontal modelo S-31E2 que los puso a la vanguardia tecnológica en detección IR. Para los años 90, la variada familia Sukhoi Su-27/30/35 “Flanker”, equiparon una gama adaptada con similares tecnologías designados OLS-27/30/35; en tanto los MiG-29/35 utilizan los modelos OLS-29/35 de la misma serie.

Los Su-27P “Flanker B” de superioridad aérea, poseen el equipo OEPS-27 de Urals Optical-Mechanical Plant Production Association (UOMZ) con una cámara IR giroestabilizada con menor ángulo de cobertura, Geofizika-NPO 36-Sh de 25 Nm de rango. En tanto que el OEPS-29, con capacidad de seguir hasta seis blancos aéreos simultáneos, se instaló a partir del 99 en la serie “Fulcrum-C”; un desarrollo en paralelo de UOMZ produjo dos nuevos sensores con mayores alcances, OLS-13 S y SM para los MiG-29 SM y SMT (Jane’Defence Weekly, 2014, pp. 1-3).

---

<sup>50</sup> EO/IR, acrónimo en inglés de Electro-Optical/Infrarrojos (Electroópticos/Infrarrojos).

En el caso del primer avión furtivo ruso Su-57 “Felon”, UOMZ ha montado desde 2007 un moderno sistema electroóptico integrado designado 101KS “Atoll” que posee un sensor frontal de largo alcance IRST 101KS-V para detectar y seguir misiles y aviones furtivos en vuelo.

El multirol EFA-2000 “Typhoon” utiliza desde 2003 un IRST del consorcio europeo EuroFirst, designado PIRATE<sup>51</sup>; es de ubicación frontal con capacidad TV en banda IR, posee un alcance de 50 Nm para objetivos subsónicos desde el frente y de 90 Nm desde su parte posterior.

El caza francés Dassault “Rafale” utiliza desde 2001 el Thales Group OSF (Optronique Secteur Frontal), posee un rango de 50 Nm para blancos aéreos y de 3 Nm para los de superficie; provee además imágenes IR, identificación automática de blancos y telemetría láser de hasta 20 Nm; desde 2012 se ofrece una versión actualizada. En tanto, la empresa sueca Saab provee desde 2010 en sus JAS-39 NG “Gripen” un sensor de largo alcance “Skyward-G” de la italiana Leonardo S.p.A. (Saab Group, 2015), que fue también requerido por Brasil en sus “Gripen” E.

El nuevo ASQ-228 ATFLIR<sup>52</sup> de Raytheon; es el pod multisensor IRST destinado a reemplazar en pocos años a los AAS-38 de los F/A-18E/F “Super Hornet” y en los SEAD EA-18G “Growlers” de la USN/USMC; provee detección hasta 41 Nm e imágenes con cámaras EO/IR con poca luz, incluye además telemetría, designación y rastreador de puntos láser (Reim, 2019).

En 2014 Lockheed Martin inicio la provisión de 140 equipos AAQ-40 EOTS<sup>53</sup>, un IRST liviano de disposición interna para la familia F-35 (Jane´Defence Weekly, 2014, p. 7). El sensor, de muy alta performance y precisión le brinda una gran capacidad de detección aérea y de superficie, e imágenes IR de alta definición con un volumen esférico de 360° (Deagel.com, 2015).

Podemos concluir que las nuevas tecnologías IRST son hoy el principal sensor para detectar y seguir aeronaves furtivas “stealth” donde los radares tradicionales no lo pueden hacer.

#### Los señuelos térmicos contra misiles de seguimiento infrarrojo (IR)

Las bengalas, fulguraciones o “flare” para uso como señuelo IR, surgen a inicio de los años 50 con la necesidad de probar los fotodetectores de luz IR que componían los rastreadores de los misiles AIM-9 “Sidewinder” y AIM-4 “Phalcon”. El encargado de las pruebas fue el Naval Air Weapons Station (NAWS) de California que desarrolló un simple artefacto pirotécnico que consistía en lanzadores de cartuchos neumáticos y eléctricos de bengalas de diferentes calibres.

---

<sup>51</sup> Pirate, acrónimo en inglés de Passive Infrared Airborne Track Equipment (Equipo Pasivo IR Aerotransportado).

<sup>52</sup> ATFLIR, acrónimo en inglés de Advanced Targeting Forward-Looking Infrared (Designador IR Frontal Avanzado de Blancos).

<sup>53</sup> EOTS, acrónimo en inglés de Electro-Optical Targeting System (Sistema Electro Óptico de Blancos).

Este mismo método de prueba de laboratorio sirvió de base para el desarrollo generalizado de lanzadores específicos según el tipo de firma IR de cada aeronave, con el objetivo que se convirtieran en verdaderos señuelos para seducir misiles enemigos IR en persecución.

Estas técnicas de lanzadores o dispensadores son actualmente de dotación normal y estándar en todo el mundo en aeronaves militares tácticas y civiles de ala fija o rotativa, debido a su bajo costo de implementación y fácil uso operativo, cargando cartuchos de bengalas y de chaff y/o combinaciones de ambas para protegerse de misiles con buscadores térmicos y radares de seguimiento activo o semiactivo.

Los señuelos tipo bengalas (flare) fueron muy efectivos desde los años 50 para seducir misiles guiados por IR de primera generación, pero cada bengala sólo es efectiva durante el corto período que dura su combustión. Si una aeronave necesitara merodear a baja altura un área de alto riesgo, requerirían de una gran cantidad de éstas para bloquear cualquier misil disparado contra ella.

Esta necesidad llevó a la invención de un nuevo sistema de contra medidas IR de mayor respuesta y efectividad; inicialmente desde los inicios de los años 70 la solución pasó por dispositivos activos que emitieran señales IR, tal cual lo realiza una linterna que emite luz.

### El empleo militar del láser infrarrojo

Si bien el empleo bélico del láser<sup>54</sup> ha sido desde mediados de los 60 para calcular distancias (telemetría) y señalar objetivos para armas guiados, su uso efectivo letal solo ha sido aplicado como contramedida para segar o quemar cámaras y/o buscadores IR utilizados por los misiles SAM, Aire-Aire y antitanque.

El primero de estos sistemas contra los misiles guiados por IR, designado AAQ-4, fue desarrollado desde 1961 por la desaparecida compañía estadounidense Hallicrafters durante la Guerra de Vietnam. Este artefacto, bautizado IRCM<sup>55</sup>, disparaba una fuerte señal pulsada de interferencia láserica IR omnidireccional que segaba los buscadores de los misiles. A partir de 1971, fue colocado internamente en aviones SEAD EB-66E “Destroyer”, de reconocimiento RF-4C “Phantom” y en helicópteros CSAR<sup>56</sup> Sikorsky HH-53 “Jolly Green Giant” de la USAF por su alta exposición desde 1968 a los misiles “Strela-2” de guiado IR (Forecast International, 1997, p. 2).

---

<sup>54</sup> Láser, es un dispositivo como indican las palabras inglesas que forma su acrónimo (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), luz amplificada por emisión estimulada de radiación, de manera que genera un haz de luz coherente a nivel espaciotemporal.

<sup>55</sup> IRCM, acrónimo en inglés de Infra Red Countermeasure (Contramedida Infra Roja).

<sup>56</sup> CSAR, acrónimo en inglés de Combat Search and Rescue (Búsqueda y Rescate en Combate).

El Northrop AAQ-8 (V), versión mejorada y reemplazo del AAQ-4, fue un interferidor IR no direccional de segunda generación montado en pods tácticos de uso externo; entró en funcionamiento en 1972 en el sudeste asiático en los RF-4C “Phantom” de reconocimiento, en los AC-130 A “Spectre” para Apoyo de Fuego Aéreo Cercano (AFAC), en los multirol F-5E/F “Tiger II” de la USAF y en los de ataque A-7 “Crusader” de la USN (Forecast International, 1997, p. 2).

Otro de los proyectos de IRCM contra los “Strela-2”, lo llevó a cabo Sanders Associates en los 70 para el USARMY. El artefacto fue concebido en dos versiones que consistían en un sistema de bloques de carburo de silicio calentado que irradiaba omnidireccionalmente una gran cantidad de energía IR pulsada a través de un obturador cilíndrico giratorio. El primero y más conocido, el ALQ-144 fue para las flotas de helicópteros de ataque AH-1S “Cobra” y AH-64 “Apache”, además de los utilitarios UH-1 H/N “Huey” y UH-60 “Black Hawk”.

Para la Guerra del Golfo de 1991, dado que el modelo base era parcialmente ineficaz contra los más avanzados misiles IR 9K34 “Strela-3” y 9K38 “Igla” en poder de Irak, ingresó el mejorado ALQ-144A. Dos tercios de los helicópteros de ataque AH-64 “Apache” recibieron esta nueva versión, el único “Apache” perdido por un “Strela-3” fue uno de los pocos no actualizados.

Desde los años 70 el diseño de las fuerzas de helicópteros pesados de Rusia ya incluía las IRCM, consideradas muy efectivas contra misiles IR como el AIM-9 “Sidewinder” o contra sus propios 9K32 “Strela-2”. Pero cuando la guerra en Afganistán estaba llegando a su fin en septiembre de 1986, el gobierno de EEUU equipó a los muyahidines afganos con los “Stinger”, un MANPADS con rastreador IR que llevó a los soviéticos a perder la superioridad aérea.

Estos misiles se utilizaron con una efectividad del 30 a 40% contra los helicópteros Mi-24D/E “Hind”, Mi-8”Hip” y aviones de ataque Sukhoi Su-25T “Frogfoot” (Westermann, 1997), causándole la pérdida de hasta un escuadrón completo durante el primer año de uso del “Stinger”; también fueron efectivos contra las aeronaves de transporte que operaban en el aeropuerto de Jalalabad, el que llegó a cerrarse por un mes en 1987 a causa de este misil (Timofeychev, 2019).

La respuesta de los soviéticos fue el pronto desarrollo de un nuevo bloqueador de IR, el SOEP-V1A apodado “Lipa”, basado en una primera generación de lámparas IR de xenón con un deflector giratorio alojado en una carcasa con forma de dedal que generaba señales pulsadas. Este sistema rediseñó la capacidad de supervivencia de los Mi-24D/E “Hind” operativos en Afganistán a partir de 1987; además se incrementó el uso operativo y la calidad de los sistemas flare con nuevas lanzaderas ASO-2 bis (Nordeen, 2010, p. 196), reduciendo así las pérdidas aéreas en Afganistán.

El sistema IRCM L166S “Sukhogruz” producido e instalado durante este conflicto en los Su-25T “Frogfoot”, consiste en una gran linterna IR montada en la cola del avión que aún se encuentra en servicio en Rusia. Fuentes soviéticas aseguran que estas medidas permitieron volver el mismo nivel de pérdidas que tenían antes de la llegada los “Stinger” (Timoféichev & Alexéi, 2019).

La experiencia de combate rusa en los conflictos de Afganistán y Chechenia ha llevado a equipar con una nueva versión más compacta y ligera del L166, denominada L166V-11E “Ispanka”, a sus helicópteros más modernos como el Mi-24 “Super Hind” de ataque, Mi-8MTV-5-1 de transporte y asalto (Taghvaei, 2017, p. 68) y Kazan 2RC “Ansar” de reconocimiento ofensivo.

Desde la disolución de la Unión Soviética, la empresa KB-MIA (Engineering and Aviation Design Bureau Limited Liability Company) de Ucrania, ofrece la estación IRCM omnidireccional “Adros” KT-01 AVE, diseñada para la protección láserica activa de helicópteros contra armas IR; es una versión ucraniana del ALQ-144. El KT-03 UE fue especialmente diseñado para el transporte táctico Antonov An-26 y su versión repotenciada An-32. El KT-02 ASE todavía sin aplicación, fue diseñado para aviones de combate (Spets Tecno Export, 2018, pp. 50-53).

El sistema de autoprotección IR más moderno actualmente operativo es la tecnología DIRCM<sup>57</sup>; que a diferencia de los omnidireccionales IRCM, éste es especialmente direccional con capacidad de seguir y apuntar con un láser de estado sólido a un misil IR en vuelo, otorgándole una mayor efectividad, especialmente contra misiles MANPADS de muy corto alcance.

El primer equipo operativo de tecnología DIRCM con un láser de cuarta generación, es el Northrop Grumman AAQ-24(V) “Némesis” diseñado a fines de los 90 para proteger grandes transportes, aeronaves de alto valor y helicópteros pesados. Consiste en una torreta direccional basado en un potente láser IR multibanda de estado sólido para cegar misiles IR y UV.

La detección temprana se ofrece con una cámara IR de alerta misil BAe Systems AAR-47(V) o una Northrop Grumman AAR-54. Desde los 2000 equipa las modernas y costosas flotas de AEW&C<sup>58</sup> E-7 “Wedgetail” de la Royal Australian Air Force (RAAF), patrulleros navales P-8A “Poseidón” de la USN, transportes C-17 “Globemaster III”, MC-130J “Combat Talon III” para infiltración de Fuerzas Especiales (FFEE), los AC-130U “Spooky II” de AFAC; el convertiplano CV-22B “Osprey” de la USAF y los helicópteros pesados CH-53E “Super Stallion” del USMC (Horizon House Publication Inc., 2004, p. 63). La última versión del AH-64E “Apache”, ha suplido los viejos ALQ-144 por el AAQ-24(V), utilizado con éxito en Siria e Irak desde 2017.

---

<sup>57</sup> DIRCM, acrónimo en inglés de Directed Infrared Countermeasure (Contra Medida Infrarroja Dirigida).

<sup>58</sup> AEW&C, acrónimo en inglés de Airborne Early Warning and Control (Alerta Temprana y Control Aerotransportado).

El ALQ-212 ATIRCM (Advanced Threat Infrared Countermeasure) de BAE Systems, es uno de los más avanzados equipos de protección IR; asociado también al AAR-57, está en servicio desde 2004 a bordo de los helicópteros pesados CH-47D/F “Chinook” del USARMY.

En respuesta a un diseño de fuerzas de la Aeronáutica Militar Italiana (AMI), Elettronica Group ha provisto desde 2011 el DIRCM designado ELT/572 para todos los transportes C-130J “Hércules”, Leonardo C-27J “Spartan” y helicópteros CSAR Agusta/Westland AW-101 “Merlin”. La italiana Leonardo S.p.A. ofrece desde 2017 una configuración en torreta giratoria llamada “Miysis DIRCM”, un producto optimizado para pequeñas plataformas como helicópteros y VANT<sup>59</sup>. En 2020 la flota de aviones de reconocimiento Beechcraft R1 “Shadow” de la RAF, recibió una importante actualización de autoprotección con esta torreta junto a un dispensador Vicon de chaff/flare, asociados a un sensor de alerta de amenazas IR Thales Elix-IR (Hoyle, 2019).

Desde el año 2018, la española Indra Systems a orden del Ejército del Aire, ha instalado el DIRCM “InShield” en seis transportes militares Airbus A400 para su uso en áreas de alto riesgo.

En el caso de Israel, las soluciones DIRCM de Elbit Systems pasan por la familia MUSIC<sup>60</sup>, basada en un láser multiespectral de alto rendimiento para proteger aviones y helicópteros militares y comerciales. La versión J-MUSIC es para aviones militares de gran porte; la Luftwaffe lo ha seleccionado para su flota de transportes tácticos A400M, en tanto que la Fuerza Aérea de Portugal equipará sus nuevos transportes tácticos Embraer C-390 “Millennium”.

El C-MUSIC, versión para aviones civiles, dio respuesta a las empresas aéreas civiles de Israel que desde el 24 de noviembre de 2002 no están ajenos a la amenaza SAM cuando un Boeing 757 de Arkia Airlines que volaba en el sur de Kenia desde el Aeropuerto de Moi hacia Tel Aviv, fue atacado por Al-Qaeda con dos “Strela” que no llegaron a derribarlo. En 2009 el gobierno israelí lo eligió para proteger toda su flota comercial de las líneas El Al, Arkia, Israir y Sun d'Or.

El Mini-MUSIC más compacto y liviano, está optimizado para pequeños aparatos tanto civiles como militares (Elbit Systems Ltd., 2017), desde 2015 han sido instalados en máquinas Bell UH-60 “Black Hawk” de varios ejércitos asiáticos.

El modelo ruso más avanzado de DIRCM es el KNIRTI L370-5 “President-S”, está asociado a sensores UV de alerta de aproximación de misiles; está en uso en varios subtipos de aviones multirol de la familia “Flanker” Su-27/30/33/35 y en los Su-34 “Fullback”, en la flota de modernos helicópteros de ataque Mi-28H “Havoc” y Mi-24 Mk-V “Super Hind”, y en los biplaza

---

<sup>59</sup> VANT, acrónimo de Vehículo Aéreo No Tripulado.

<sup>60</sup> MUSIC, acrónimo en inglés de Multi Spectral Infrared Countermeasure (Contra medida IR Multi Espectral).

Kamov Ka-52 “Alligator” y en su variante naval Ka-52K “Katran” (Rostec, 2016). Un Mi-28H “Havoc” equipado con este sistema fue derribado en Siria en abril de 2016, pese haber sido declarado un helicóptero “intocable” gracias al “President-S”, los obligó a crear una versión mejorada designada L370V52.

La aeronave rusa de V Generación Su-57 “Felon”, posee el sistema de protección contra misiles UOMZ 101KS “Atoll” conformado por dos subsistemas, el primero el 101KS-U es un equipo de cuatro sensores ópticos UV para detectar ataques de misiles lásericos (LWR/S) en forma omnidireccional; fue diseñado por la Universidad Estatal de Investigaciones de Tomsk (TsU) de Siberia; y un segundo designado 101KS-O (del Instituto KNIRTI) es un DIRCM compuesto por dos torretas lásericas, una detrás de la cabina de pilotaje para amenazas aéreas y la segunda en la parte inferior del fuselaje contra las de superficie (Rogoway, 2018).

Si bien desde la década del 1970 se conoce la propuesta teórica del Láser de Cascada Cuántica (QCL<sup>61</sup>) por parte de los científicos soviéticos Rudolf Kazarinov y Robert Suris; fue en enero de 1994 que un grupo de ingenieros de los Laboratorios Bell de Nueva York a cargo de Federico Capasso y de Alfred Yi Cho, reportó la primera emisión de un aparato de este tipo (Nokia Bells Labs, 2019).

La cascada cuántica es el último desarrollo en tecnología láser; esta representa un avance con respecto a los láseres semiconductores convencionales por ser un láser muy eficiente, debido a que es un artificio de láser semiconductor que convierte energía eléctrica en radiación electromagnética en el espectro IR, pero que aplica toda la energía sobre la banda de interés sin desperdiciar potencia en otras, optimizando así el consumo energético.

Northrop Grumman Corporation, bajo pedido inicial del USARMY, ha avanzado desde 2009 en el desarrollo del primer equipo modular IRCM de quinta generación basado en tecnología QCL, fue nombrado CIRCM (Common Infrared Countermeasures). Es un equipo específicamente diseñado para proteger aviones de ala fija, basculante y rotativa los misiles IR (Overton, 2011). En 2018 el desarrollo ha recibido la aprobación gubernamental para la provisión en helicópteros AH-64E “Apache”, UH-60M y MH-60L “Black Hawk”, CH-47F y MH-47G “Chinook”, además de los futuros helicópteros de exploración (Northrop Grumman Corp., 2018).

La española Indra Company y la italiana Elettronica Group trabajan a cuenta propia desde 2018, en el desarrollo del primer sistema europeo DIRCM de quinta generación, llamado “EuroDIRQM” (Indra Company, 2018) (Peruzzi, 2018).

---

<sup>61</sup> QCL, acrónimo en inglés de Quantum Cascade Laser (Láser de Cascada Cuántica); es un dispositivo semiconductor láser que convierte energía eléctrica en radiación electromagnética en el espectro infrarrojo.

## Los sistemas de advertencia de aproximación de misiles (IR, UV y radar)

Para hacer frente a los misiles de guiado pasivo IR/UV, surgieron los alertadores compuestos por varios sensores para detectar el lanzamiento o la aproximación de un misil a una aeronave, fueron designados Sistemas de Advertencia de Aproximación de Misiles (MAWS<sup>62</sup>) y hoy son parte integral del paquete de autoprotección instalado en aviones militares y de estado.

Actualmente se utilizan tres clases de tecnologías para realizar esta función, dos son sensores pasivos como los Alertadores de IR (detecta el rastro térmico IR) y el de UV (detecta la firma UV durante el lanzamiento del misil) y una de técnica activa a través de un Radar Pulsado-Doppler que delata el movimiento del misil en vuelo. Al ser detectado un lanzamiento o un misil en vuelo por algunos de los tres sensores, el MAWS genera una advertencia audiovisual automática al piloto para que realice las maniobras defensivas junto a las medidas disponibles para interrumpir el seguimiento de la amenaza.

El primer MAWS fue el Cincinnati Electronics AAR-34 como parte del SAI, compuesto por un RWR ALR-62 (V), dos interferidores Sanders ALQ-94 y 137 y un dispensador chaff/flare ALE-28, instalados en la primera serie de bombarderos F-111A “Aardvack” en julio de 1967, el sensor IR estaba colocado en la cola sobre la parte superior del estabilizador vertical. El AAR-34 fue puesto a prueba junto al SAI en julio de 1968 cuando desplegaron a Vietnam (Davies, 2014).

El AAR-47 MAWS, es un alertador pasivo estadounidense que detecta las firmas UV de los motores de misiles además de las señales de guiado láser de los MANPADS; originalmente desarrollado por Loral (hoy BAE Systems) está en uso en el transporte militar pesado de largo alcance Boeing C-17 “Globemaster III”; helicópteros CSAR MH-53J “Pave Low III” y aviones CSAR HC-130J “Combat King II” de la USAF. El USMC lo incorporó desde 2011 en todos los modernizados AH-1Z “Super Cobra” embarcados de ataque (Maini, 2018, p. 502 y 545).

En agosto de 2004, la empresa alemana Hensoldt (subsidiaria Airbus Defence) recibió un contrato para instalar el sistema de protección AAR-60 en seis helicópteros CH-53 “Sea Stallion” del ejército destinados al crítico escenario de Afganistán. En mayo de 2005, el sistema fue seleccionado por Australia para sus helicópteros de carga CH-47D “Chinook”, S-70A “Black Hawk”, de reconocimiento Eurocopter EC665 “Tiger” del Ejército y patrulleros navales AP-3C “Orion”; y en los nuevos Airbus MRH90 “Taipan” del Ejército y Armada; Japón lo han instalado en sus UH-60J “Black Hawk” (Maini, 2018, p. 545).

---

<sup>62</sup> MAWS, acrónimo en inglés de Missile Approach Warning System (Sistema de Advertencia de Aproximación de Misiles).

Fuerzas aéreas europeas dotadas con las versiones más antiguas de F-16A/B “Fighting Falcon” adquiridos entre 1979 y 1990, emprendieron una modernización entre los años 2017 y 2018 para enfrentar a los nuevos misiles IR. Las fuerzas aéreas de Bélgica, Holanda, y Dinamarca (D'Urso, 2020) contrataron a la dinamarquesa Terma Group para la fabricación de un SAI, basado en pilones subalares de F-16. Denominada PIDS+ (Pylon Integrated Dispensing System) es una configuración integrada compuesta por el AAR-60 (V2), un dispensador de chaff/flare adicional y en una versión opcional el interferidor ALQ-162 (V6); todos están asociados al sistema Terma ALQ-213 que gestiona la GE de autoprotección (Terma Group, 2018).

La sudafricana Avitronics ofrecía en los 2000 el sistema MAW-200 para helicópteros y aviones de transporte; adquirida en 2005 por la sueca Saab Group hoy ofrecen una versión más moderna MAW-300 con 4 sensores UV de 360°. Actualmente equipa a los cazas Su-30MKM de la Real Fuerza Aérea de Malasia y a los helicópteros sudafricanos anticarros Denel AH-2 “Rooivalk”. En 2014 dotaron a la última versión del helicóptero de ataque ALH-WSI Mk.4 “Rudra” del Ejército Hindú (Maini, 2018, p. 498).

La India, desde el año 2008 ha desarrollado a través del Defence Research and Development Organisation (DRDO) en trabajo conjunto con Elisra (Israel), el sistema DC-MAWS “Desi” para sus poderosos Su-30MKI de superioridad aérea (Alpha Defence, 2021).

La Fuerza Aérea de Brasil (FAB), bajo un concepto de diseño de fuerzas estandarizadas, ha equipado su flota de aeronaves de combate F-5EM “Tiger II” (en 2005) y AMX A-1M (en 2016) (Caiafa R. , 2013). Llevado a cabo por la local Embraer y la israelí Elbit Systems, instalaron el SAI de Elisra SPS-1000-5 compuesto por un RWR designado RWS-1000, un interferidor interno SPJ-100, un dispensador chaff/flare CFD-100 para ambas aeronaves, y además un sistema MAWS de protección dual IR/UV (designado PAWS-2) que ha sido colocado solo en los aviones de ataque A-1M (Poggio, 2015) (Moralez, 2021, pp. 29-37).

A partir de 2015 la empresa carioca Helibras (subsidiaria de Airbus Helicopters) ha iniciado la entrega de 50 nuevos helicópteros de transporte medio y CSAR, Helibras H-225M “Caracal” para sus tres FFAA (Defence Industry Daily, 2019; Air Force Tech., 2013).

Respondiendo a un diseño de fuerzas conjuntas homogéneas, el Ministerio de Defensa estandarizó la flota con un sistema MAW-30 de detección UV; un alerta radar RWS-300, un receptor de alerta de láser (LWR) LWS-310 y un dispensador de chaff/flare BOP-L; todos de la empresa sueca Saab Group (Thai Military and Asia Region - World Press, 2015) con la que poseen amplios contratos estratégicos en materia de defensa, como el AEW&C E-99 “Erieye” y el flamante

multirol JAS-39E “Gripen” de la FAB. Actualmente, la Marina de Brasil está modernizando unos pocos AF-1M “Skyhawk” con el mismo estándar de autoprotección que los F-5EM de la FAB.

El Northrop Grumman AAR-54 MAWS es un alertador receptor pasivo de tecnología UV para aviones de gran porte, fueron instalados en 2001 en los cañoneros AC-130U “Pave Aegis” y AC-130H “Pave Spectre”. En 2004 fue seleccionado por el gobierno de Alemania para actualizar la flota de transporte táctico Transall C-160 de la Luftwaffe (The Space Daily, 2004).

En 2006 el programa para completar la fuerza de aviones para operaciones de FFEE, equipó a los 12 nuevos ejemplares MC-130J “Combat Talon III” con el AAR-54 junto a dos interferidores y un nuevo RWR. La RAAF lo seleccionó dentro de varios sistemas de protección para su escuadrón de AEW&C Boeing/Nothrop-Grumman E-7 “Wedgetail”; fue acompañado con una torreta de interferencia IR AAQ-24 DIRCM “Némesis”, 11 dispensadores de Chaff/Flare ALE-47; un alertador láserico Elisra LWS-20 y un RWR Elta ALR-2001 (Kopp, 2002).

El AAR-56 es un muy avanzado detector de Lockheed Martin, dispuesto en 2005 en la flota de cazas furtivos F-22A “Raptor” de la USAF, posee un rango de detección de hasta 4,5 Nm.

Desarrollado por BAE Systems bajo el programa CMWS<sup>63</sup>, el AAR-57 fue concebido en 2009 para una fuerza estandarizada de aproximadamente 1.000 aeronaves del USARMY, tales como helicópteros de carga CH-47 “Chinook”; UH-60 “Black Hawk”, de ataque AH-64D “Apache” y varios modelos de aviones utilitarios (Maini, 2018, p. 528).

El EO DAS<sup>64</sup> AAQ-37 de Northrop Grumman, es el primer MAWS de una nueva generación de sensores para el multirol furtivo F-35A “Lightning II”. Consta de seis sensores IR de alta resolución montados alrededor del fuselaje que brinda una cobertura esférica sin obstrucciones alrededor de la aeronave y sin necesidad de intervención del piloto; proporciona detección y seguimiento de misiles desde su lanzamiento y aeronaves furtivas como unIRST; además entrega visión nocturna EO/IR; la presentación de imágenes se realiza en las pantallas de cabina y en el casco; ha demostrado la capacidad de detectar y rastrear misiles balísticos a distancias superiores a 650 Nm.

En el caso de Rusia los Su-57 “Felon”, como parte del sistema EO/IR integrado UOMZ 101KS “Atoll”, equipan un sensor mixto IR/UV del tipo MAWS de última generación, designado 101KS-U que puede realizar seguimiento y telemetría de blancos en todas las condiciones climáticas, se asocia a un potente láser IR de energía dirigida 101KS-O (DIRCM).

---

<sup>63</sup> CMWS acrónimo en inglés Common Missile Warning System (Sistema Común de Advertencia de Misiles).

<sup>64</sup> EO DAS, acrónimo en inglés de Electro Optical Distributed Aperture System (Sistema Electroóptico de Apertura Distribuida).

El tercer sensor (activo) para alertar la presencia de misiles en vuelo es el radar pulsado-Doppler, capaz de detectar y medir la distancia y velocidad de misiles en aproximación hacia una aeronave; puede determinar el tiempo de impacto y optimizar el momento del dispensado de chaff/flare y la activación de señuelos remolcados.

El primer requerimiento operativo de un detector activo en base a un radar pulsado-Doppler fue de la USAF durante los años 60, pero se plasmó recién en 1972 cuando la empresa Westinghouse montó en la cola de los bombarderos B-52G/H a modo de prueba el ALQ-127 (Fritz, 1978, p. 30), fue colocado en la primera serie del Sistema de Alerta y Control Aerotransportado (AWACS) Boeing E-3 “Sentry” de la USAF. Pero tras el poco éxito del ALQ-127, fue reemplazado por el ALQ-153 de la misma empresa, que fueron masivamente empleado en los entonces flamantes cazas de superioridad aérea F-14A/B “Tomcat” de la USN y F-15A/B “Eagle” de la USAF a mediados de los años 70 ya finalizada la Guerra de Vietnam (Forecast International, 1998).

La empresa israelí ELTA Electronics ofrece desde 1976 el sistema “Flight Guard” que posee un radar pulsado-Doppler de bajo costo designado EL/M-2160; se encuentra asociado a un lanzador de chaff/flare para aviones y helicópteros militares y civiles; equipa especialmente los F-16C/D de la FAI. Durante los 80 se instaló en los F-16C/D de la USAF un sistema más compacto y ligero fabricado por Lockheed, designado ALQ-199 (Forecast International, 1998).

El “Praetorian” DASS (Defensive Aid Sub-System) de la compañía Leonardo S.p.A., es un moderno y completo SAI para los EFA-2000 “Typhoon” F-2 con un radar pulsado-Doppler, derivado del viejo PVS-2000 que fue desarrollado en 1991 por Selex Communications y Elettronica S.p.A. para los “Tornado” GR.4A IDS para tareas SEAD de la RAF, retirados en 2019.

En el caso de Francia, Thales Group desde 2009 fabrica para las fuerzas galas el radar MWS-20 “Damien” para los helicópteros Airbus EC725 “Caracal” de transporte pesado y CSAR; que junto al RWR Thales Sherloc-SF; al receptor de alerta de láser (LWR) RALM de Selex Communications y el dispensador ELIPS-NG de la compañía MBDA, conforman un muy moderno y completo SAI (Defence and Aerospace, 2010) para alas rotativas.

Rusia por su parte ha producido en los 2000 el sistema Arbalet-D a través de Phazatron NIIR Corporation, inicialmente destinado para helicópteros de transporte pesados Mil Mi-26 “Halo”; se instalaron a partir de 2008 también en los de ataque Kamov Ka-52 “Alligator”.

Desde la existencia en el mercado de los MANPADS guiados por un sistema semiactivo sobre un haz de láser IR como el RBS-70 NG y el FIM-92G “Stinger”; se ha visto la necesidad de

instalar sistemas basados en un sensor de advertencia que detecten y localicen las emisiones de láser para guiado y telemetría; son generalmente designados Receptores de Alerta Láser (LWR).

El set de Goodrich ISR Systems AVR-2B, es un moderno LWR/S asociado a la pantalla del RWR, instalado 500 equipos en los helicópteros de ataque AH-1F “Cobra” y utilitarios UH-60 “Black Hawk” del USARMY (Defence & Aerospace, 2010) .

En 2007 esta fuerza concedió un contrato para equipar helicópteros de ataque AH-64A/D “Apache”, de FFEE MH-47E “Chinook” y MH-60K “Night Stalkers” (Defense Industry Daily, 2007); en tanto que Bae Systems de EEUU, que fabrica el AAR-47 MAWS (IR) adiciona la capacidad de sensar láseres en banda UV para protección de todo tipo de aeronaves.

### **La tecnología para operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas**

Las armas ofensivas anti-radiación surgieron ante necesidad de hacer frente a las amenazas misilísticas de la entonces URSS, especialmente luego del episodio del avión de reconocimiento aéreo de gran altitud Lockheed-Skunk Works U-2 “Dragon Lady” de la Agencia Central de Inteligencia (CIA) alcanzado por un SA-2 “Guideline” durante un vuelo de exploración sobre la URSS el 1º de mayo de 1960. Este fue el primer avión estadounidense destruido por un SAM guiado por radar; luego el 14 de octubre de 1962 otro U-2 pero de la USAF (Grant, 1998, p. 17) fue derribado sobre Cuba durante la “Crisis de los Misiles”; años después un U-2 de la USAF, descubrió el 5 de abril de 1965 los primeros emplazamientos de SA-2 sobre Vietnam.

El primer misil diseñado para destruir radares antiaéreos fue el AGM-45 “Shrike”, desarrollado por el Centro de Armamento Naval de China Lake en 1963, que ensamblaba una cabeza pasiva buscadora de RF al cuerpo de un misil A-A AIM-7 “Sparrow”. Entró en servicio en los adaptados A-4E “Skyhawk” (USN) y F-105F “Thunderchief” (USAF) en abril de 1966.

El segundo ARM, el AGM-78 “Standard” fue también producido por la USN sobre la base de un poderoso SAM embarcado denominado RIM-66. Con mejores prestaciones de alcance, sensibilidad y letalidad fue reemplazando al “Shrike” (Schlight, 1996, p. 53) a partir de marzo de 1968; fueron integrados para tareas SEAD en los A-4E “Skyhawk” y EA-6B “Prowler” de la USN. Ambos misiles serían intensivamente utilizados en Vietnam hasta el fin de la guerra en 1974.

El segundo empleo bélico de los ARM fue en la Guerra del Yom Kippur cuando en el séptimo día de enfrentamiento (13-Oct-73) Israel hizo un dramático llamado a los EEUU, anunciándole que solo contaba con aviones suficientes para cuatro días de combate. La integración de los SA-2 y SA-3 que cubrían las cotas elevadas, y los SA-6 “Gainful” y cañones antiaéreos

autopropulsados ZSU-23-4 “Shilka” encargados de las bajas, conformaron un entramado SDAI que causó a la FAI<sup>65</sup> más pérdidas de las esperadas (Escuela Superior de Guerra Aérea, 2003, p. 137).

En esos siete días de guerra los israelíes habían perdido 37 F-4E “Phantom” y 30 A-4H “Skyhawk”; derribados en su mayoría por el nuevo misil SA-6 que utilizaba un nuevo radar de seguimiento 1S91 “Straight Flush” que no podía ser detectado por los RWR originales ALR-36 de los F-4E, ni interferidos por los viejos pods ALQ-87 suministrados antes del conflicto por EEUU.

La respuesta no se hizo esperar y comenzó un masivo puente aéreo hacia Israel de 46 aviones A-4E “Skyhawk” y 36 F-4E “Phantom II” con nuevos y adecuados RWR, pods ALQ-101/119 de interferencia junto a los veteranos AGM-45 “Shrike”. La capacidad SEAD de los F-4E dada por los “Shrike”, dejaron rápidamente fuera de combate a los SA-3, SA-6 y “Shilka”; permitiéndole alcanzar la superioridad aérea y concentrarse en la campaña contra las FFSS, dando vuelta el resultado del conflicto (Escuela Superior de Guerra Aérea, 2003, pp. 136-137).

Durante el CAS en 1982, la RAF realizó tareas SEAD con misiles “Shrike”, provistos por los estadounidenses, en las operaciones “Black Buck V y VI” ejecutadas por bombarderos Avro 698 “Vulcan”. En 1991 fue disparado el último centenar de “Shrike” en la Operación “Desert Storm” a cargo de los EF-4G “Advanced WW” y F-16CJ contra las defensas aéreas iraquíes.

El primer ARM de alta velocidad (Mach 1,8) es el Raytheon AGM-88 “HARM”<sup>66</sup> con 80 Nm de rango, entró en producción en 1983, fue el reemplazo del AGM-45 (21 Nm), su primer disparo exitoso en combate desde un A-7E “Corsair II” fue el 24 marzo del 86 que destruyó el radar de control de Fuego “Square Pair” de un sitio libio de misiles SA-5 “Gammon” en el Golfo de Sidra (Stanik, 2003) en la Operación “Prairie Fire” y luego, el 15 de abril en la Operación “El Dorado Canyon” aviones F-18 “Hornet” y A-7E “Corsair II” de la USN suprimieron las baterías de los aeropuertos de Trípoli y Benghazi con 36 AGM-88 y 12 AGM-45 (Phinney, 2003, pp. 10-20).

Durante “Desert Storm” en 1991 el “HARM” fue masivamente utilizado por los estadounidenses. Este misil que mantiene la capacidad tradicional de seguimiento pasivo (homing<sup>67</sup>) incorporó un segundo guiado Inercial/GPS asociado a una memoria DRFM<sup>68</sup>, que le permiten además de incrementar la precisión de los ataques, lanzarse contra la última posición del blanco o sobre puntos predeterminados conocidos de sitios SAM.

---

<sup>65</sup> FAI, acrónimo en español de Fuerza Aérea Israel.

<sup>66</sup> HARM, acrónimo en inglés de High-speed Anti Radiation Missile (Misil Anti-Radiación de Alta Velocidad). Acrónimo dado específicamente para el sistema Texas Instruments AGM-88.

<sup>67</sup> Homing, en inglés buscador de blancos.

<sup>68</sup> Ibid. 50.

El “Martel” (Misil Anti-Radiación por Televisión) de 32 Nm de alcance, fue un ARM anglo-francés, construido a partir de 1972 en dos variantes, una de guiado pasivo (AS-37) y otra por TV (AJ-168). Equipó al viejo bombardero Blackburn S.2 “Buccaneer” y a los patrulleros marítimos Hawker Siddeley MR.1 “Nimrod” de la RAF, el avión de ataque anglo-francés GR-1 “Jaguar” y a los cazas francos Mirage III y F.1CR.

Operacionalmente fue utilizado por Francia contra Libia bajo la Operación “Epervier” en apoyo de Chad el 7 de enero de 1987 cuando 4 “Jaguar” franceses portando un AS-37 por avión; lanzaron solo uno que golpeó y destruyó el radar de una batería de SA-6 libia en el Aeropuerto de Faya-Largeau. El 7 de marzo, 10 aviones “Jaguar” logran su segunda victoria contra un radar en la Base Aérea de Ouadi Doum de Libia.

Los británicos, descartando al “Martel”, desarrollaron en 1986 el ALARM (Misil Anti-radiación Lanzado por Aire) de 58 Nm de rango. Es un sistema con receptor pasivo del tipo “dispara y olvida” que adiciona la capacidad de “merodeador furtivo” que en caso de que el radar víctima se apague, asciende hasta los 13 km y se deja caer en paracaídas, descendiendo lentamente hasta que se active el radar, momento en que enciende un motor secundario para atacarlo.

La RAF lanzó 121 ALARM con sus “Tornado” GR-1 IDS de interdicción y ataque en la Operación “Granby” durante la Guerra del Golfo (1991); 6 desde los GR-4 IDS en la Operación “Allied Force” (Kosovo 1999); 47 disparos en la Operación “Telic” (Irak 2003); en 2011 en Libia en “Ellamy” y por último en Yemen en 2015 cuando fueron retirados del arsenal británico.

El primer programa de misil anti-radiación soviético se inició en 1963 pero entró en producción y servicio diez años después que el “Shrike” norteamericano. El Kh-28 de la empresa MKD Raduga, fue producido especialmente para aviones tácticos Yak-28 “Brewer”, estaba restringido por su gran peso y tamaño, poseía una cabeza buscadora limitada y era propulsado por combustible líquido, aunque desarrollaba una importante velocidad de Mach 3 y un gran alcance de 65 Nm, superior a su homólogo y contemporáneo “Standard” (56 Nm).

El Kh-28 se suministró a Irak en 1982 y se usó operativamente con un efecto devastador en la Guerra Irak-Irán (1980-1988) contra los SAM de mediano alcance MIM-23 “Hawk” iraníes (Czeszejko, 2013, p. 286); batiendo cerca de 30 baterías de las 36 compradas por Irán.

El misil se lanzaba desde los Su-22M desde un alcance de 35 Nm y a 21.000 ft., apoyados por un RWR/designador “Metel” que tenía programada la envolvente del radar de iluminación del “Hawk”, el piloto podía lanzar el misil dentro del rango de disparo del SAM; los Su-22M se protegían con un pod “stand off” SPS-141 MVG.

Un ejemplar de Kh-28 fue capturado en Irak por los estadounidenses durante la I° Guerra del Golfo en abril de 1991 (Kopp, 2009); también fueron utilizados en la Guerra Ruso-Georgiana por Osetia del Sur en 2008 destruyendo un radar 3D de vigilancia aérea ST-68U (OTAN, “Tin Shield”) (Czeszejko, 2013, p. 36).

Pero el primer ARM soviético operativo fue el MKD Raduga Kh-22P (OTAN, AS-4 “Kitchen”) fabricado a mediados de los 70 a partir del misil de crucero supersónico para atacar portaviones Kh-22 “Burya” de 300 Nm de rango desde los años 60; sus principales plataformas fueron los ya retirados Tu-22K “Blinder-B”, Tu-22M “Backfire” y Tu-95k22 “Bear-G”.

Una versión del misil ligero A-S Zvezda-Strela Kh-25M, poseía una variante ARM provista entre 1973 y 1975 a las fuerzas rusas; conocida como Kh-25MP/U (AS-12 “Kegler”), poseía un rango de 21 Nm y estuvo operativo en aeronaves MiG-23/27, Su-17/22, Su-25 y en el poderoso avión de ataque Su-24. Durante la invasión a Kuwait, el 2 de agosto de 1990, un Su-22 iraquí disparó un Kh-25MP contra un sitio SAM MIM-23B “I-Hawk” kuwaití, ubicado en la isla Bubiyan, no acertó en el blanco pero forzó su apagado hasta el final de la conquista (Peeters, 2014).

El Kh-28 fue reemplazado en los 80 por el Kh-58U (AS-11 “Kilter”) de combustible sólido, más pequeño y similar alcance de 65 Nm; fue inicialmente un ARM especializado para atacar los radares de los SAM MIM-14 “Nike-Hercules” americano y al británico English Electric “Thunderbird”. La compañía MKD Raduga recibió el contrato a inicios de los 70 para equipar al avión de ataque Su-24MK “Fencer-D” junto al sistema de adquisición de objetivos L-086A/B “Fantasmagoria A” (Staff of JED, 2004, pp. 149-150).

Ha sido ampliamente exportado y está en uso desde 1982 en varios cazas y bombarderos rusos. En su última variante Kh-58U de 2004, es el ARM con mayor alcance efectivo (120 Nm) con una cabeza mixta guiado pasivo/inercial, es el principal ARM de Rusia y sus aliados (incluso Perú), la versión Kh-58UShKE de 2015 equipa al nuevo avión furtivo Su-57 “Felon” (Czeszejko, 2013, p. 290).

El Kh-31P entró en servicio en Rusia en 1989, construido sobre la base del proyectil supersónico (Mach 3.5) antibuque Kh-31A (AS-17 “Krypton”), posee un rango efectivo de 55 Nm, puede ser operado MiG-29K, MiG-29M, MiG-29SMT, MiG-29UBT, MiG-31, Su-24M, Su-25T, Su-30MK y Su-35 (Rosoborono Export, 2020); ha sido exportado a China, India, Argelia, Egipto, Indonesia, Malasia, Siria, Vietnam, Perú y Venezuela.

Durante el conflicto Irán-Irak un lote de aviones MiG-25BM actualizados en Rusia con capacidad SEAD para lanzar misiles Kh-58U y Kh-31P, retornaron a Irak en julio de 1988. Sus

primeras misiones fueron contra la red de radares fijos Westinghouse ADS-4 de alerta temprana de Irán; al menos una misión SEAD exitosa batió con dos Kh-31P, el radar de Subashi cerca de Hamedan (Cooper & Bishop, 2004, p. 75); diez años después en agosto de 2008 un caza Su-34, atacó con este misil un radar de defensa aérea georgiano cerca de la ciudad de Gori.

En el Salón Aeronáutico de Moscú 1992 se hablaba de que la versión R-31P era un “asesino de AWACS” por su increíble alcance de 135 Nm. Desde 2012 se produce en serie la última versión Kh-31PD con un rango extendido de 80 Nm, destinado a modernos aviones MiG-29K/M/SMT/UBT, MiG-31, Su-24M, Su-25T, Su-27SM, Su-30MK, Su-34 y el Su-35E “Super Flanker” (Kopp, 2009). En la exposición de 2007, la empresa rusa Tactical Missiles Corporation JSC, presentó la nueva familia de misiles modulares guiados A-S con una amplia variedad de cabezas buscadoras, incluso la ARM; designados Kh-38M fueron destinados a suceder a la familia Kh-25 y diseñado especialmente para el avión furtivo Su-57 “Felon” (Barrie & Komarov, 2007).

La Fuerza Aérea India también produjo, a través del laboratorio DRDO, un misil para destruir radares y comunicaciones con un importante alcance efectivo de 65 Nm; fue designado “Rudram-1” bajo el programa New Generation Anti-Radiation Missile (NGARM) y equipa desde 2018 a los cazabombarderos Su-30MKI; HAL “Tejas” Mk.2/MWF; M-2000 y “Jaguar” (Jha, 2021).

YJ-91 es la versión china del Kh-31P ruso, construido desde fines de los 90 por Hongdu Aviation; no satisfizo completamente los requisitos chinos, aunque está todavía en servicio en aviones; posee un rango de 60 Nm y es guiado por un buscador pasivo multibandas (Global Security, 2015).

El sistema SAM chino de largo alcance HQ-9, tiene una variante ARM de largo alcance conocida como FT-2000, fue diseñada especialmente para atacar aeronaves AEW&C hasta las 50 Nm, se presentó en la África Aerospace and Defence Exhibition en Ciudad del Cabo en 2009, posee un buscador con un amplio rango de frecuencias para múltiples amenazas (Kopp, Air Power Australia, 2009). El LD-10 es un moderno ARM liviano desarrollado desde 2010 para el avión de combate JF-17 “Thunder”, es muy parecido al “HARM” estadounidense, tiene un alcance máximo de 32 Nm, 20 kg. de explosivo y una precisión de 15 metros (Newdick, 2020).

En base a un diseño de fuerzas ofensivas estandarizadas, el único país latinoamericano que ha desarrollado un ARM ha sido Brasil. Recordemos que este país confiscó el 3 de junio de 1982 un misil AGM-45 “Shrike” al avión “Vulcan” B.2 matrícula XM597 de la RAF que aterrizó de emergencia en el Aeropuerto “El Galeao” de Río de Janeiro, tras ejecutar la operación SEAD “Black Buck VI”, donde lanzó un “Shrike” contra un director de tiro “Skyguard” del Ejército

Argentino; pero el segundo misil que quedó armado y listo, no se desprendió del soporte subalar (Blackman, 2014).

Minutos después en la maniobra de reaprovisionamiento de combustible la lanza del “Vulcan” se rompió, quedando imposibilitado de recargar carburante para volver a Ascensión. El misil fue desactivado días después por británicos pero quedó incautado por el gobierno brasileño, esto le permitió a nuestro vecino país acceder a la tecnología ARM (Silva M. A., 2012, p. 43).

El proyecto brasileño desde 1997 quedó a cargo del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA) de la FAB y de la empresa Mectron SA. Designado MAR-1, posee seguimiento pasivo e inercial/GPS; un rango de hasta 50 Nm y puede ser lanzado desde todos los aviones brasileños AMX A-1M, F-5EM, AF-1M y además desde el nuevo JAS-39E “Gripen”.

En diciembre de 2008, el gobierno carioca aprobó la venta de 100 misiles a Pakistán (Poder Aéreo Jornal, 2011) y en abril de 2013, Mectron SA había integrado los MAR-1 a los Mirage III/V y JF-17 “Thunder” pakistaníes; además inició la entrega de misiles de prueba a Brasil y Pakistán en 2014 (Defense Industry Daily, 2008); pero problemas técnicos y financieros, llevaron a la cancelación del programa en 2018, sin llegar a la fabricación en serie. Sin embargo, en 2020 la empresa SIATT Ltda.<sup>69</sup> junto al Laboratorio de Simulación de Sistemas Aeroespaciales (LSSA) de la FAB han firmado un nuevo contrato para reemprender el programa en 2021 (Caiafa, 2020).

Las Armas de Energía Dirigida (Direct Energy Weapons - DEW), que se encuentran en sus primeros pasos del desarrollo, son comúnmente conocidas como “armas láser”. El interés por este tipo de sistemas ofensivos, contrariamente al estereotipo generado por la ciencia ficción, comenzó como respuesta de los británicos a la amenaza que significaban los bombarderos alemanes durante la IGM bajo el ya mencionado intento de lograr el poderoso “rayo de la muerte”.

Luego de frustrados prototipos teóricos, no fue hasta marzo de 1983 cuando el entonces presidente estadounidense Ronald Reagan lanzó la llamada “Iniciativa de Defensa Estratégica” que implicaban el uso del Láser de Alta Energía (High Energy Laser-HEL) para destruir misiles con ojivas nucleares en vuelo. La estrategia tenía el objetivo de acabar con la “Doctrina de Destrucción Mutua Asegurada” que implicaba la guerra termonuclear global. La tecnología no estaba ni está aun plenamente desarrollada, por lo que la idea de un escudo antimisiles de armas lásericas al estilo “Star Wars” no se ha llevado a cabo; el muy costoso y ambicioso proyecto fue disuelto en 1993.

---

<sup>69</sup> Sistemas Integrados de Alto Tenor Tecnológico - Engenharia, Indústria e Comércio Ltda., es la nueva compañía luego que la empresa Odebrecht Defense and Technology Subsidiary vendiera su parte de Mectron - Engenharia, Indústria e Comércio SA en 2015.

El primer paso hacia el uso militar del láser como arma ofensiva se dio en noviembre de 2014, cuando el Office of Naval Research instaló a bordo del buque USS “Ponce” de la USN el sistema experimental SEQ-3.<sup>70</sup> Es un sistema HEL para defenderse del ataque de pequeñas embarcaciones y VANT (Ruíz Domínguez, 2016) o para inutilizar sensores de vigilancia.

El láser trabaja incrementando la temperatura hasta la detonación de cualquier carga de combustible o de explosivos portados en dichos vehículos. Este proyecto aún experimental tiene planificado el incremento gradual de la potencia de salida en futuras etapas, momento en que podría servir para destruir radares, misiles en vuelo, cegar buscadores IR/UV y hasta aeronaves.

### **El resurgimiento de la tecnología furtiva “antirradar” (Stealth)**

El desarrollo de la tecnología furtiva “antirradar” resurgió de las experiencias estadounidenses a fines de la década del 60 durante la Guerra de Vietnam, respondía a la necesidad de un “nuevo diseño de fuerza de bombarderos furtivos” de baja detectabilidad para evitar las bajas de sus tripulaciones aéreas; la tecnología Stealth o de sigilo está claramente entroncada con los conceptos militares clásicos de enmascaramiento y sorpresa (Serra, 1990, p. 97).

Los alemanes Walter y Reimar Horten lograron diseñar hacia 1943 el bombardero Horten 229, un concepto de “ala voladora” considerado el primer avión furtivo. Era un aparato más parecido a un platillo volador que a un avión convencional de los años 40 (Dowling, 2016).

Su diseño con líneas muy suaves reducía notablemente la superficie total del aparato, la ausencia de superficies verticales en el exterior del avión; la cabina y los dos motores turbo reactores alojados completamente dentro del ala volante, disminuían el rebote de las señales de radar. Utilizaron materiales innovadores como revestimientos de madera contrachapada, carbón y pintura especial de grafito que absorbían eficientemente las largas longitudes de onda centimétricas que reducían el retorno de los radares de la época (Grant, 1998, p. 22).

Cuando los estadounidenses capturaron la planta de Friedrichsroda en abril del 45, la constructora Gothaer Waggonfabrik AG (Gotha) del Ho-229 todavía tenía prototipos en diversas etapas de producción; se llevaron el modelo V3 que estaba en su fase final de montaje a la empresa Northrop Corporation para su evaluación. Si la aeronave hubiera entrado en servicio, sus parámetros hubieran sido formidables para un bombardero táctico, superando a todas las aeronaves de la época.

Desde la IIGM se tenía conocimiento de que la forma de los aviones era un factor relevante al ser detectado por un radar; el bombardero sajón Avro 698 “Vulcan” B.1 diseñado en los

---

<sup>70</sup> LaWS, acrónimo en inglés de Laser Weapon System (Sistema de Arma Láser).

50 y utilizado en tareas SEAD durante el CAS, tenía un eco radar muy pequeño comparado con su enorme tamaño que le permitía en ocasiones desaparecer del radar al punto tal que los operadores de radar quedaban sorprendidos de lo difícil que resultaba seguirlos (Serra, 1990, p. 97).

La reducción del retorno del eco radar no fue olvidada después de la IIGM, el físico soviético Peter Ufimtsev describió la base matemática de la teoría de furtividad en la obra “Método de las ondas de borde en la teoría física de la difracción” de 1962. No obstante, la URSS no dedicó esfuerzos significativos a esta tecnología, pero sí fue acogida por el grupo de diseño Skunk Works de la estadounidense Lockheed Martin tras la traducción de esta obra al inglés en 1971.

En los 60 los diseños de fuerzas con aviones de alta velocidad y con rendimientos a gran altitud no fueron suficientes para evadir a la nueva generación de misiles guiados, por lo cual la baja observabilidad radar resurgió en esos años. La tecnología de sigilo es la suma de varias técnicas de ocultación; el objetivo de este conjunto es disminuir a su mínima expresión las superficies reflectoras o “Radar Cross Section” (RCS<sup>71</sup>) que los hacen visibles al radar.

El requerimiento de 1962 de la USAF para el famoso avión de reconocimiento estratégico SR-71 “Blackbird”, explotó los conceptos de velocidad supersónica y baja observabilidad radar como característica de diseño para su supervivencia. Los ingenieros de Skunk Works, con el objetivo de cumplir las pautas de prevención de derribos establecidas por la USAF (Kucukozyigit, 2006, p. 54), mantuvieron las colas lo más pequeñas posible, diseñaron un fuselaje con la apariencia de una cobra, el vientre era esencialmente plano y lo construyeron con la mayor cantidad posible de materiales compuestos y pintura de absorción electromagnética que redujeron la observabilidad radar en hasta un 90% (Grant, 1998, p. 17 y 23).

Las formas de la estructura del avión y los perfiles de todos los planos deben poseer ángulos rectos para refractar la energía del radar. Otro factor importante es el uso de materiales compuestos como la fibra de carbono, que son conocidos como Radar Absorbent Materials (RAM) por su capacidad de absorber las radiaciones y además de reducir el peso son transparentes al radar; mientras que los metales reflejan hacia el radar toda la propagación que reciben cuando forman ángulos rectos. Otro puntal de esta tecnología es el empleo de pinturas con mala conductividad eléctrica o “radar absorbente” que transforman la RF en calor, contribuyendo a reducir el eco radar.

El Lockheed F-117A “Nighthawk” fue el primer avión de concepción y diseño totalmente furtivo de ataque de mediano alcance y SEAD; desarrollado en secreto desde los 70 bajo el programa “Have Blue”; entró en servicio en 1981 e hizo su bautismo de fuego en diciembre del

---

<sup>71</sup> RCS, acrónimo en inglés de Radar Cross Section (Corte Transversal de Radar), medida de cuán detectable es un objeto mediante radar. Un RCS mayor indica que un objeto es más fácil de detectar.

89 en la invasión a Panamá (Serra, 1990, pp. 102-103). En la Guerra del Golfo de 1991, esta tecnología le permitió a la USAF atacar con total éxito en la profundidad del territorio iraquí, las defensas antiaéreas y los centros claves de comando y control del gobierno de Sadam Hussein en las cercanías de Bagdad con armas guiadas de precisión sin ser detectados por los radares iraquíes y sin sufrir baja alguna; marcando así un hito importante en la forma de ganar el “juego del radar” a que hace referencia Rebecca Grant (The Radar Game, 1998).

Oficialmente, el único F-117A derribado en combate fue contra las Fuerzas Serbias el 27 de marzo de 1999 durante la campaña aérea “Allied Force” de la OTAN sobre Kosovo; el “Vega 31” quien realizaba tareas SEAD, fue derribado “curiosamente” por el misil soviético SA-3 “Goa” de la década del 60 utilizado en la Guerras de Vietnam y Yom Kippur (Dunnigan, 2005). Según los Aliados, los serbios detectaron el avión con el viejo radar de alerta aérea temprana P-15 “Flat Face” que opera en una banda inusualmente bajas para estos tiempos que lo hizo visible al radar. Los serbios invitaron a técnicos rusos a investigar el material y a llevarse partes a Rusia, comprometiendo así 25 años de investigación en tecnología furtiva de EEUU (Oréjov, 2019). Los “Nighthawk” fueron retirados en 2008 por el alto costo de mantenimiento estructural.

El segundo “stealth” es el bombardero estratégico polivalente desarrollado por Northrop Grumman para atacar a Moscú durante la Guerra Fría. Designado B-2 “Spirit”, ingresó en servicio en la USAF en 1989. El diseño de baja observabilidad radar obedeció al viejo concepto alemán de “ala volante” del Ho-229 (Zikidis, Skondras, & Tokas, 2014, p. 130), pero resultó ser el avión más caro jamás construido del que sólo se fabricaron 21 unidades.

Los B-2 usados por primera vez durante la campaña “Allied Force” de la OTAN en 1999; los seis aparatos usados en la guerra volaron alrededor de 50 misiones (1% del total) lanzando alrededor del 11% de las bombas utilizadas (casi 700 proyectiles guiados) y además demostraron una tasa efectividad del 96% (Lambeth, 2001, pp. 90-91) siendo los responsables de la destrucción del 33% de los blancos de bombardeo en las primeras ocho semanas de intervención en Serbia (U.S. Air Force, 2015); ha operado en Irak en 2003, en Afganistán entre 2001 y 2014; en Libia en 2011 cuando se derrocó al régimen de Muamar el Gadafi y finalmente en enero de 2017 contra campamentos del grupo terrorista “ISIS-Estado Islámico” en la ciudad libia de Sirte .

Los “Spirit” requieren de complejos hangares climatizados debido a la susceptibilidad de los recubrimientos y materiales absorbentes de radar ante condiciones meteorológicas adversas de humedad y temperaturas extremas. Similares problemas tuvieron los F-117A durante la Guerra del Golfo que obligaba a periódicos mantenimientos prolongados e intensivos. Esto llevó a la decisión en 1999 de utilizar los B-2 solo desde la Base Aérea “Whiteman” en Missouri hasta

Kosovo, que los obligaba a volar hasta 32 horas con periódicos reabastecimientos en vuelo hasta Asia central; en tanto que en las campañas de Irak (2003) y Afganistán (2001-2014) operaron desde hangares especialmente adaptados en la isla británica Diego García sobre el Océano Índico.

El tercer avión furtivo y primer caza de superioridad aérea de V Gen. es el Lockheed Martin F-22A “Raptor”, diseñado con capacidades adicionales de ataque a tierra. El programa ATF<sup>72</sup> fue iniciado en 1981 para reemplazar a los F-15 “Eagle”; el prototipo voló en 1990 pero entró en servicio recién en 2005; por el alto costo del programa más el de mantenimiento, se decidió en 2009 construir solo 187 sobre 750 previstos (Global Security, 2007).

La ventaja operativa y logística del F-22A respecto de los F-117 y B-2, es la capacidad de los materiales compuestos de soportar condiciones meteorológicas extremas que le permiten someterse a reparaciones en la plataforma de estacionamiento o en un hangar normal, posibilitando su despliegue a cualquier lugar del mundo (Fulghum, 2007). Una ley federal estadounidense que imposibilita su exportación veda el acceso a las nuevas tecnologías de sigilo (Wolf, 2009).

El más moderno de los aviones de combate furtivos es el Lockheed Martin F-35 “Lightning II”, un caza polivalente de V Generación que brindó solución a un diseño de fuerza conjunta sobre una plataforma aérea única. Fue desarrollado bajo el programa conjunto JSF<sup>73</sup> para reemplazar a los F-16 y A-10 de la USAF, los F/A-18 de la USN y al AV-8B del USMC en misiones de ataque a tierra, defensa aérea y reconocimiento. Fue diseñado en tres versiones que comparten el 25% de piezas, reduciendo así costos de fabricación en tres líneas de montaje (Tirpak, 2016); el F-35A es para despegue y aterrizaje convencional, el F-35B para despegue corto y aterrizaje vertical, en tanto el F-35C es la variante naval con alas replegables para operar desde portaaviones con catapultas (Lockheed Martin, 2019) (Zikidis, Skondras, & Tokas, 2014, p. 133).

En cuanto al desarrollo de materiales compuestos, el F-35 está fabricado con un 35% de éstos como el titanio, fibra de carbono y aluminios especiales; empleándose nuevas técnicas de elaboración como el procesado del titanio por criogenización que lo hace más resistente y ligero (Vogelaar, 2010). Además, es el primer avión producido en masa que incluye nanocompuestos estructurales como epoxi reforzado con nanotubos de carbono para los carenados de las punteras alares, en su mayoría son bismaleimida (BMI) y material epoxi compuesto (Milberg, 2015).

El casco del piloto, una maravilla tecnológica, posee una pantalla montada en el visor proporcionándole acceso intuitivo a gran cantidad de información de todos sus sensores, dando una conciencia situacional avanzada, precisa y segura para el combate (Collins Aerospace, 2018).

---

<sup>72</sup> ATF, acrónimo en inglés de Advanced Tactical Fighter (Caza Táctico Avanzado).

<sup>73</sup> JSF, acrónimo en inglés de Joint Strike Fighter (Caza y Ataque Conjunto).

A diferencia del costoso programa del F-22A, la financiación del F-35 se internacionalizó; además de EEUU aportaron fondos el Reino Unido, Italia, Australia, Canadá, Dinamarca, Países Bajos, Noruega y Japón los cuales poseen derechos de adquisición (Lockheed Martin, 2019); Turquía fue oficialmente retirada del programa por el Senado de EEUU en 2019 por la compra de SAM rusos (Marcus, 2019).

Pese a ser los precursores teóricos sobre furtividad, los rusos no fueron iniciadores tecnológicos sino recién hasta el año 2002, cuando culminó el desarrollo del programa conjunto PAK-FA<sup>74</sup> destinado a satisfacer las necesidades de su fuerza aérea y armada, en réplica al ATF estadounidense (Cervera, 2016). La compañía Russian Aircraft Corporation (ex MiG) presentó el proyecto MiG 1.44 (OTAN, “Flatpack”), un demostrador de tecnología de sigilo cuyo diseño fue lento debido a la falta crónica de fondos; el prototipo realizó su primer vuelo en febrero de 2000, nueve años después de lo previsto (Military Factory, 2016). Rusia seleccionó como ganador el diseño de Sukhoi para su avión de V Gen. en el 2001; abandonándose el proyecto de MiG 1.44 luego de fabricarse tres prototipos, para destinar fondos y esfuerzos al modelo de MiG.

Sukhoi presentó el modelo definitivo T-50 en 2002, pero problemas técnicos varios demoraron el PAK-FA otros 15 años; en 2007 Rusia e India acordaron financiar y desarrollarlo conjuntamente. El primer ejemplar voló en enero de 2010 y desde 2018 han sido probados varios modelos en condiciones de combate real sobre Siria (Gady, 2018). En 2018, India se retiró aduciendo que el avión no cumplía con los requisitos de potencia de motores, furtividad, aviónica, radar de 360° y sensores que ellos requerían (Zona Militar, 2018).

Bautizado Su-57 (OTAN, “Felon”), posee tecnologías de materiales compuestos, un perfil facetado y doble deriva entre otras muchas características que lo hacen un avión furtivo; los rusos afirman que el efecto combinado de la forma del fuselaje y las diferentes tecnologías empleadas, han reducido 30 veces la huella radar con respecto del Su-27 “Flanker” (Butowski, 2014). Las constantes demoras que hicieron dudar sobre la continuidad del proyecto se despejaron recién en 2019 cuando Vladimir Putin anunció el pedido de 76 aparatos a entregarse entre 2021 y 2028 (Zerekhin, 2019).

Luego de abandonar a los rusos, el gobierno hindú encaró en 2013 el programa AMCA<sup>75</sup> con la empresa Hindustan Aeronautics Limited (HAL) para producir su propio caza furtivo de V Gen. (Krishnan, 2016) en reemplazo de los viejos GR-1 “Jaguar” y MiG-27 “Flogger”

---

<sup>74</sup> PAK-FA, acrónimo en ruso romanizado, Perspektivny Aviatsionny Kompleks Frontovoy Aviatsii (Futuro Caza táctico de Primera Línea)

<sup>75</sup> AMCA, acrónimo en inglés de Advanced Medium Combat Aircraft (Aeronave de Combate Avanzada Mediana).

de la Fuerza Aérea e incluyendo una versión navalizada para la Armada; el primer vuelo estaría programado para el 2025-2026 (Gupta, 2019).

El J-20A “Mighty Dragon” es un avión monoplace de ataque y caza de superioridad aérea chino, iniciado en los 90 por Chengdu Aircraft Industry Group como contraparte a las occidentales. Posee un diseño furtivo, pero robusto y pesado muy similar al fallido MiG-1.44 ruso. El prototipo habría volado en enero 2011 y se han fabricado ocho versiones y 50 aparatos de serie; pese a que dependen de la tecnología rusa para la motorización y de otros repuestos críticos para continuar el programa (Kopp & Goon, 2011), Beijing anunció en 2020 el inicio de la producción del J-20B que adiciona el Control de Empuje Vectorial (CEV/TVC) para el control angular de los propulsores que le posibilitan realizar una amplia gama de maniobras de combate (Boyd, 2020).

El segundo caza de sigilo polivalente chino en fase de desarrollo por parte de Shenyang Aircraft Corporation es el FC-31 “Gyrffalcon”, fue concebido para competir en el mercado mundial de aeronaves contra el F-35 estadounidense por su similar tamaño, aspecto del fuselaje, capacidad de bodega y posibles prestaciones para operar en tierra o sobre portaaviones (Chan, 2012).

El vuelo del prototipo fue en octubre de 2010, aunque el proyecto muy retrasado hace dudar de las verdaderas prestaciones de esta aeronave a la misma Fuerza Aérea Popular China (Farley, 2018). Algunos analistas militares como el ruso Ilya Kramnik, han conjeturado que China, está tecnológicamente atrás como en 10 o 15 años, en cuanto a técnicas y tecnologías aeronáuticas, frente a lo que han llegado actualmente naciones como EEUU y Rusia (Machtres, 2016).

Corea del Sur inició en 2001 su programa para un caza polivalente para la Fuerza Aérea (ROKAF) a la que se sumó en 2010 la de Indonesia (TNI-AU). Los requisitos del programa KF-X fueron de un monoplace bimotor con capacidades furtivas que minimicen las emisiones de radio, las IR y acústicas; aunque de menores prestaciones que el F-35, no posee bahía interna para alojar armas. Bajo la designación KF-21 “Boramae”, se prevé su primer vuelo en 2022 y la fabricación de 120 unidades para la ROKAF y 80 para la TNI-AU entre 2028 y 2030 (Waldon, 2013).

A mediados de la década del 80, luego de finalizar el programa del entrenador avanzado IA-63 “Pampa”, la ex Fábrica Militar de Aviones de Argentina en colaboración con la disuelta alemana Dornier Flugzeugwerke, iniciaron el proyecto del “Avión de Combate Argentino” también denominado SAIA-90 (Sistema de Armas Integrado Argentino 1990) que consistía en un caza supersónico de superioridad aérea de IV Gen. con capacidades furtivas y electrónica avanzada (Saldivar, 1983, p. 45). Fue cancelado años después por las graves dificultades financieras de la empresa estatal (Rovati, 2011) y que llevaron luego a su privatización.

Las especificaciones de la FAA para el SAIA-90 surgieron de la Guerra de Vietnam, debía obtener una aceleración máxima de Mach 2,5; alcance de 1.825 Nm; techo de servicio de 45.000 ft; régimen de ascenso de 15.000 m/min. y una mínima siluetas de firma radar e IR. Se preveía un importante uso de materiales compuestos como fibras de carbono y titanio que colaboraban con las características de furtividad y peso de la aeronave (Saldivar, 1983, p. 45). El diseño tenía ciertas semejanzas con el americano Northrop YF-17 “Cobra” (predecesor del F/A-18 “Hornet”) y al fallido British Aerospace P-110, reemplazante del GR-1 “Jaguar” en los años 80.

### **Los Vehículos Aéreos No Tripulados en las operaciones de alto riesgo**

La idea de eliminar el puesto de piloto en las aeronaves data del inicio de la misma aviación. En 1917, los estadounidenses Peter Cooper y Elmer Sperry desarrollaron el “estabilizador giroscópico” de navegación que permitió pilotear por radio control al primer avión no tripulado llamado “Sperry Aerial Torpedo”; podía volar más de 50 Nm con 150 Kg de bombas, aunque nunca fue utilizado por su baja precisión de bombardeo (Werrell, 1985, p. 7).

En el período de entreguerras, con bajo progreso en la aeronáutica militar, llegaron a desarrollarse diversos modelos radiocontrolados utilizados sólo como blancos aéreos. Pero fue recién durante la IIGM, cuando el desarrollo de la aviación y de las comunicaciones permitieron que en 1944, la Navy’s Special Air Unit One (SAU-1) convirtiera varios bombarderos PB4Y-1 en aeronaves sin piloto en la fase final de aproximación al objetivo a atacar; designados BQ-8 eran controladas a distancia, armadas y guiadas a través de un sistema de TV (Parsch, 2003).

Por el lado de la USAAF un B-17 radio controlado, conocido como BQ-7 “Aphrodite”, se destinó con poco éxito a bombardear desde junio del 44 la fábrica alemana de misiles V-1 en la Francia ocupada y la base de submarinos en la Isla de Heligoland (Werrell, 1985, pp. 32-34).

Los resultados obtenidos hasta esos momentos no fueron satisfactorios por la falta de precisión de bombardeo y los altos niveles de fallas. Una vez finalizada la guerra, disminuyó de nuevo el desarrollo de no tripulados hasta que en 1958 la USAF inició el programa AQM-34 “Ryan Firebee”; eran aparatos a reacción lanzados desde una aeronave para misiones de reconocimiento.

De los 1.651 aparatos lanzados en el sudeste asiático, el 87% regresó. Los drones volaron más de 3.400 salidas sobre Vietnam del Norte. Fuentes no clasificadas afirman que en 1971 y 1972, los comunistas derribaron 81 drones en 743 salidas. La baja tasa de pérdidas se debió en parte al hecho de que los radares soviéticos en Vietnam del Norte no podían detectar drones que volaban por debajo de los 300 ft (Werrell, 1985, p. 144).

El éxito del sistema AQM-34 decidió a Israel la compra de 12 “Firebee” en la década de 1970 modificándolos bajo la designación “Firebee 1241”; fueron utilizados en la Guerra del Yom Kippur contra Egipto y Siria como vehículos de reconocimiento y por primera vez como señuelos de radar, logrando 43 disparados fallidos de las baterías SAM egipcias (Werrell, 1985, p. 144).

Desde entonces, Israel comenzó su propio desarrollo de sistemas aéreos no tripulados; en 1978 Israel Aircraft Industries creó el “Scout” de reducido tamaño y baja detección radar, era capaz de transmitir imágenes en tiempo real gracias a su cámara de TV situada en una torreta central giratoria de 360°; en 1981 fue operado por primera vez en tareas de combate por Fuerzas Sudafricanas contra Angola durante la Operación “Protea” (Zaloga, 2011, p. 22).

En junio de 1982, durante la operación “Mole Cricket 19” en el Valle de Bekaa contra Líbano y Siria; Israel utilizó sus “Scouts” para detectar, perseguir y activar a los radares enemigos (Grant, 2002), permitiendo que fueran objetivos de los ARM lanzados por cazabombarderos, fueron destruidas 19 baterías SA-6 sirias desplegadas en el valle con rotundo éxito y sin bajas aéreas.

Desde la década de 1980, muchas naciones han ido incorporando un sinnúmero de estos sistemas a sus arsenales; en los 90 en las Guerras de los Balcanes y en las del Golfo de 1991 y 2003 demostraron las enormes posibilidades de los VANT, principalmente en misiones de vigilancia y reconocimiento, provocando un mayor interés de las administraciones militares por estos aparatos.

El Northrop-Grumman RQ-4 “Global Hawk”, reemplazo del U-2 “Dragon Lady” de la USAF, es una increíble clase HALE<sup>76</sup> para ISR<sup>77</sup> de gran altitud con un rango de 12.300 Nm y 34 horas de autonomía ofreciendo vigilancia aérea sistemática utilizando un radar de apertura sintética y seguimiento de blancos móviles (SAR/MTI<sup>78</sup>) de alta resolución y un sensor EO/IR de largo alcance (US Air Force, 2014) que le permiten inspeccionar hasta 100.000 km<sup>2</sup> de terreno por día. Para su supervivencia fue dotado con un SAI de Raytheon ALR-89, compuesto por un LWR/S (AVR-3), dos RWR (ALR-90 y APR-49), un interferidor de RF y señuelos remolcados ALE-50. Opcionalmente equipa un sensor ELINT de Northrop-Grumman LR-100 (Maini, 2018, p. 490).

El General Atomic RQ-1A “Predator” que voló por primera vez en 1994, fue especialmente diseñado para la USAF y la CIA para tareas de adquisición y seguimiento de blancos

---

<sup>76</sup> HALE, acrónimo en inglés de High Altitude Long Endurance, es utilizado para designar a los Vehículos No Tripulados (VANT) que vuelan por encima de los 30.000 ft, con una duración en tiempo típico superior a 48 horas y alcance indeterminado.

<sup>77</sup> ISR, acrónimo en inglés de Intelligence, surveillance and reconnaissance (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento).

<sup>78</sup> SAR/MTI, acrónimo en inglés de Synthetic Aperture Radar-Moving Target Indication.

e ISR en el campo de batalla terrestre y naval, equipa un poderoso radar APY-8 “Lynx” II con funciones SAR/ISAR/MTI y un sensor ELINT ASIP-1C (Zeevi, 2003).

El MQ-9 “Reaper”, versión modificada de ataque a tierra del RQ-1A y bautizado “hunter-killer”, entró en servicio en 2007 en la USAF y ya se han ganado los laureles de VANT de “combate” en Bosnia, Kosovo, Iraq, Afganistán y Siria (Mc Garry, 2017). Armado con hasta 4 misiles A-S AGM-114P “Hellfire” (IR) y 2 bombas de guiado láser GBU-12 “Paveway II” o GBU-38 JDAM puede adquirir blancos a través de la torreta EO/IR AAS-52 Multi-Spectral Targeting System con un designador de objetivos por láser junto al radar APY-8 “Lynx” II. Su alcance es de 400 Nm (Defence Industry Daily, 2019).

Además, puede lanzar la versión A-S del misil IR “Stinger” (AIM-92), con el cual se han derribado pequeños VANT en noviembre de 2017. El 3 de enero de 2020, un ataque nocturno de “Reaper” con misiles “Hellfire” en el Aeropuerto Internacional de Bagdad, mató a Qasem Soleimani, comandante de la Fuerza “Quds” iraní y a Abu Mahdi al-Muhandis, el subcomandante de la Fuerza de Movilización Popular iraquí que se transportaban en el mismo vehículo (Crowley, Hassan, & Schmitt, 2020).

En materia de tareas SEAD, el IAI “Harpy” fue el primer VANT “merodeador” israelí desde mediados de los 90; fue diseñado expresamente para atacar radares en misión “suicida” hasta las 100 Nm, puede guiarse de manera autónoma por 9 horas y montarse sobre las emisiones de radar o guiarse manualmente por cámara EO/IR; se autodestruye al impactar el radar por medio de una ojiva altamente explosiva. Se ha vendido a Corea del Sur, Turquía, India y China (IAI, 2018).

El IAI “Harop”, versión furtiva del “Harpy” de 2005, puede volar 6 horas de manera autónoma hasta las 540 Nm; si un objetivo no está activado puede merodear hasta atacarlo o regresar y aterrizar en su base; también puede apuntarse contra aviones y misiles siguiendo sus radares de abordo (Air Force Tech., 2021). Fue utilizado por primera vez en combate por Azerbaiyán en el Conflicto de Nagorno-Karabaj en abril de 2016 para destruir vehículos y un puesto de comando armenio; y en 2020 fue utilizado en varios ataques efectivos. Se le acredita una sola operación SEAD para la FAI, al destruir un SA-22 “Pantsir” sirio el 10 de mayo de 2018 (Gao, 2019), fue exportado también a Alemania, Turquía, Singapur e India.

En diciembre de 2005 la USN inició la construcción del demostrador Northrop Grumman X-47B; para fines del 2020 poseía capacidad para operar en portaaviones y realizar reabastecimiento en vuelo de combustible que prolongaron su rango de operación, pero fue

cancelado a fines de 2005 cuando la USN quería un VANT táctico basado en portaaviones, mientras que la USAF pretendía uno de ataque global más grande y de largo alcance (HALE).

Después de la retirada del SR-71 “Blackbird” en 1999, la USAF carecía de una plataforma ISR capaz de penetrar un espacio aéreo protegido por avanzados SDAI. El RQ-170 “Sentinel” es el primer VANT furtivo operativo de la USAF y la CIA desde 2005 para tareas ISR a gran altitud (50.000 ft.); fue creado y fabricado por Skunk Works para capturar imágenes en tiempo real del campo de batalla a través de un sensor EO/IR y un radar SAR/ISAR, y transferir los datos a la estación terrestre a través de un enlace de comunicación. Fue desplegado desde 2007 en Afganistán e Irak. Durante el ataque al complejo de Osama Bin Laden en Pakistán en mayo de 2011, transmitió la cobertura en vivo de la redada al Presidente de los EEUU.

Las primeras imágenes y detalles conocidos sobre el “Sentinel” fueron reveladas después de que Irán se adjudicara un derribo en diciembre de 2011 en la frontera con Afganistán. La agencia de noticias iraní “Tasnim”, informó en setiembre de 2016 que se había construido una copia llamada “Saegheh” que puede transportar cuatro misiles IR antitanque “Sadid 1”; se construyeron 50 aparatos y fueron utilizados en octubre de 2018 para atacar objetivos en el este de Siria. Israel derribó un “Saegheh 2” iraní durante un incidente con Siria en febrero de 2018, luego de perder un avión F-16 por acción de las baterías antiaéreas sirias (Gross, 2018).

El RQ-180, también diseñado por Skunk Works es un UCAS<sup>79</sup> furtivo desarrollado sobre la base y continuación del cancelado proyecto conjunto X-47B (Rogoway, 2021) y del RQ-170. Desde que entró en servicio operativo 2015, no existe información pública sobre sus características operacionales pero fue concebido para tareas ISR, ataque electrónico y presumiblemente ataque aéreo de precisión (Norris, 2019).

La británica BAE Systems ha producido el “Taranis”, un demostrador tecnológico UCAS furtivo que vuela desde 2013. Fue diseñado para misiones intercontinentales (clase HALE) y portar una variedad de armas contra objetivos aéreos y terrestres. Utiliza técnicas de sigilo y control satelital de alcance mundial, entraría en servicio hacia 2030 en la RAF (Air Force Tech., 2013).

El Hongdu GJ-11 “Sharp Sword” del que hasta 2019 se han fabricado 4 prototipos, es un UCAS sigiloso de ISR lejano con cierto parecido con los bombarderos B-2 de EEUU (Defence World, 2019); fue diseñado conjuntamente por el Instituto de Diseño de Aeronaves de Shenyang (SYADI), el Shenyang Aerospace University (SAU) y Hongdu Aviation; posee una bahía interna con capacidad de transportar 1.000 kg de diversas armas A-S para misiones de combate. Para su

---

<sup>79</sup> UCAS, acrónimo en inglés de Unmanned Combat Aerial System (Sistema Aéreo de Combate No Tripulado).

guiado utiliza un enlace de datos satelital para realizar misiones de largo alcance mucho más allá de China continental; las FFAA chinas estarían interesadas en emplear una versión para portaaviones con capacidades ISR (Trevithick, 2019).

Rusia se encuentra trabajando desde 2011 en el prototipo del Su-70 “Okhotnik-B”, un VANT furtivo de combate a reacción de alta velocidad y largo alcance (3.200 Nm) muy similar al RQ-170; puede penetrar las defensas enemigas para disparar misiles y bombas a alta velocidad (500 Knts), voló por primera vez en agosto de 2019 (TASS, 2019). Fue diseñado para ser controlado desde un Su-57 “Felon” y actuar con el nuevo y revolucionario concepto de “escolta leal” de cazas tripulados para combatir en forma conjunta (Roblin, 2019).

La subsidiaria Boeing Australia lanzó en mayo de 2020 su primer VANT de “escolta leal” para cazas furtivos F-35 “Lightning II” de la RAAF, convirtiéndose en el primer país occidental en experimentar con UCAS autónomos con guiado integral desde un avión de combate tripulado (Insinna, 2020), posee capacidades de combate aéreo y de superficie.

Desde el inicio de la Guerra Fría, pasando por las Guerras de Vietnam, Yom Kippur, Operación “Paz para Galilea” y más recientemente por los conflictos del Golfo Pérsico, Bosnia, Kosovo, Afganistán y en el actual conflicto sirio, tanto los VANT convencionales como “furtivos” han demostrado un gran potencial para usos militares.

Actualmente en el ámbito de la OTAN, existen en sus arsenales unos 51 aparatos de categoría HALE; 195 MALE<sup>80</sup> y unos 3.300 Tácticos y Minis, en tanto el Departamento de Defensa de EEUU tiene declarados más de 5.300 modelos que representan el 36% de la producción mundial (SOPT, 2009, p. 23).

Los países avanzados continúan desarrollando drones furtivos de combate, los que tienen una cada vez una mayor implicancia en las guerras futuras, pero hasta el momento muy pocos alcanzan el estado operacional. Cabe destacar que los recientes desarrollos de UCAS furtivos, prevén en un futuro cercano incorporar, además del tradicional guiado desde una estación terrestre, el guiado desde una aeronave de combate tripulada bajo el concepto de “escolta leal”, que le permite volar y operar conjuntamente a grandes distancias, lanzar armamento de precisión contra blancos de alto riesgo como son las baterías SAM.

Es importante rescatar también que contra los SAM, los VANT vienen jugando un rol relevante desde la década del 70, aunque muy poco desarrollado por las potencias militares, es el

---

<sup>80</sup> MALE: acrónimo inglés Medium Altitude Long Endurance, utilizado para designar a los Vehículos No Tripulados (VANT) que vuelan en la ventana de altura entre los 10.000 y 30.000 ft, con una duración en tiempo típico entre 24 a 48 horas.

uso específico de éstos para tareas de “diversión” de radares y de ataques directos o “suicidas” del tipo “merodeador” como el IAI “Harop” israelí; diseñado especialmente para destruir radares y equipos de comunicaciones. Creemos que el concepto “merodeador” es muy importante de rescatar y desarrollar en el futuro próximo para tareas SEAD cuando los recursos son escasos.

Menos caros que los aviones de combate furtivos avanzados, los nuevos VANT pueden hacer casi cualquier cosa que un avión de V Gen., y para los países con bajo presupuestos son una opción económica más viable para ejecutar operaciones de largo alcance y de alta peligrosidad en la profundidad de un territorio hostil sin ser detectado, tales como reconocimiento aéreo, ataques de blancos de superficie de alto valor estratégico y por supuesto las riesgosas tareas SEAD.

Podemos concluir que en los ámbitos aeronáutico y electrónico; las tecnologías disruptivas aplicadas, cuyo objetivo es lograr imponer la superioridad sobre el enemigo para contrarrestar las defensas antiaéreas, han producidos importantes cambios no solo en la aplicación de las estrategias y tácticas aéreas operativas, sino también en el diseño, dimensionamiento, organización y doctrina de las fuerzas aéreas en los últimos 50 años.

### **Las Fuerzas Especiales como capacidad para realizar operaciones SEAD**

La “Operación Biting” o el “Bruneval Raid”, fue la primera incursión de Fuerzas Especiales (FFEE) sobre una instalación de radar situada en Saint-Jouin-Bruneval (Francia) llevada a cabo en febrero de 1942. Algunas instalaciones alemanas en las costas del Canal de la Mancha habían sido reconocidas por la RAF durante 1941, pero ignorando su propósito y naturaleza operativa. Varios expertos británicos consideraban que eran estaciones de radar que tenían conexión con las duras pérdidas sufridas por los bombarderos sobre la Europa ocupada, en mano de los cazas alemanes; los especialistas solicitaron que una de éstas debía ser atacada y de ser posible extraerse información sobre su tecnología y llevarlas a Gran Bretaña para su estudio (Ford K. , 2012).

En la noche del 27 de febrero, un pequeño grupo de FFEE aerotransportadas aterrizó a pocas millas de la instalación alemana para capturar lo que sería un radar “Würzburg” de AAA (Grenville, 2019); inmediatamente un técnico de radar procedió a retirar varias piezas del equipo. Luego de destruir el aparato, fueron recogidos por buques que los devolvieron a Inglaterra. Esta exitosa incursión habilitó a los aliados a conocer la tecnología radar que dominaban los germanos, además de desarrollar las contramedidas para neutralizar a los radares enemigos (Russell, 2017).

También durante la IIGM, la “Batalla del Radar de Douvres-la-Délivrande” fue una operación británica de Comandos de los Royal Marines, apoyados por tanques de demolición

de minas y anti-bunkers, producido el 17 de junio de 1944 durante la “Campaña de Normandía”. El sitio apodado “Distelfink”, era la principal instalación de radar de la Luftwaffe, consistía en una amplia zona fortificada con túneles, bunkers, fuerte armamento antiaéreo y terrestre que protegían tres radares de alerta temprana aérea (FuMG 401 LZ “Freya”, FuMG 450 AN “Freya/Pole” y FuMG 41 “Wasserman”) y dos poderosos antiaéreos FuMG 65 “Würzburg Riese” (Manfort, 2015).

En la mañana del día 6 de junio (Día-D) los radares alemanes entre Cherburgo y Le Havre estaban casi inoperativos gracias al bombardeo naval aliado mientras que tropas canadienses sitiaban la estación; pero el Regimiento 53 de la Luftwaffe defendió con éxito por doce días la posición (DDay-Overlord, 2018) mientras que la estación seguía proporcionando información radar a los cazas nocturnos germanos. El ataque comenzó el 17 a las 16:30 horas con bombardeo naval y por los vehículos blindados; a las 17:40 horas el 41º de Comando asaltaron las instalaciones, logrando que los alemanes se rindieran y capturaran los radares (Manfort, 2015).

La Operación “Rooster 53” fue una compleja operación conjunta israelí durante la “Guerra de Desgaste” (1969-1970) para capturar un radar egipcio P-12 “Spoon Rest A” de alerta temprana; ejecutada por el ejército y la FAI los días 26 y 27 de diciembre del 69 ubicado en la playa de Ras Gharib (Israel Air Force, 2019) con el objetivo de conocer la tecnología soviética.

En la noche del 26, aeronaves A-4H “Skyhawk” y F-4E “Phantom” atacaron a las fuerzas egipcias a lo largo de la orilla occidental del Canal de Suez y el Mar Rojo, mientras que una fuerza de la 35ª Brigada de Paracaidistas en tres helicópteros, asaltaron exitosamente las instalaciones del radar en Ras Gharib; desmantelaron el equipo y prepararon las valiosas piezas para que dos helicópteros CH-53G “Sea Stallion” las trasladaran a Israel (McCarthy, 2014, p. 16).

En apoyo a las tareas SEAD, el 8 de junio de 1982 en la “Batalla del Valle de Bekaa” los israelíes infiltraron al sur del Líbano, secciones de FFEE para seguir y actualizar las posiciones de las 14 baterías SA-6 sirias localizadas antes del inicio de la Operación aérea “Mole Cricket 19”; el 9 de junio aviones SEAD suprimieron 19 sitios SAM, alcanzando una total libertad de acción aérea que les permitió eliminar los asentamientos terroristas próximos a su frontera (Grant, 2002).

Adentrándonos en la doctrina de la FAA para tareas SEAD de las FFEE, estas unidades se encuentran organizadas en la unidad operativa del Grupo de Operaciones Especiales (GOE), el Reglamento de Conducción Operacional (Estado Mayor General de la Fuerza Aérea Argentina, 2010) establece que las Unidades de FFEE de la FAA:

...están constituidas por personal y material especializado y con el equipamiento adecuado para ejecutar tareas en territorio hostil, que facilitan y potencian el empleo de los

medios aéreos propios (Supresión de Defensas Aéreas, Señalamiento de Objetivos, Recuperación de Instalaciones y Rehenes, Rescate en Combate, etc.).

Además de incorporarse en el RAC-3 (2010) las tareas SEAD para las FFEE de la FAA el Manual Aeronáutico de Procedimientos Operativos 47 (MAPO 47) (Estado Mayor General de la Fuerza Aérea Argentina, 2012), establece que una de las funciones del GOE, es entender como “unidad rectora” en la planificación, coordinación y ejecución de Operaciones Especiales a través de las tareas operativas como la Supresión de Defensas Aéreas Enemigas; el Rescate en Combate de tripulaciones además del Reconocimiento, vigilancia e identificación de blancos.

En el caso de los EEUU sobre el uso de éstas en materia SEAD, el Manual de Doctrina Conjunta JP-3 01 “Countering Air and Missiles Threats<sup>81</sup>” (validado en mayo 2018) establece en la Sección F - Capacidades Habilitadas, Título 19 - Operaciones Especiales; prevén también el empleo en las Operaciones de Contraataque, proporcionando información o destruyendo o interrumpiendo activos aéreos y de misiles, bases logísticas e instalaciones C2<sup>82</sup>, ubicados detrás de las líneas enemigas o en las zonas traseras del enemigo (Joint Chiefs of Staff, 2017, pp. III-19).

El EMCO de EEUU establece que las FFEE son parte de las operaciones terrestres que conforman la Ofensiva Contra Aérea (OCA) que realiza el Componente Aéreo con el propósito de destruir, interrumpir o neutralizar aviones enemigos, misiles, plataformas de lanzamiento y sus estructuras y sistemas de soporte tanto antes como después de su lanzamiento y lo más cerca posible de su fuente; además fijan que las principales misiones de la OCA son: las operaciones de ataque; la escolta de cazas, el barrido de cazas y por supuesto las tareas SEAD (Joint Chiefs of Staff, 2017, pp. IV-9). Para los estadounidenses, todas las FFEE que conforman el Componente Terrestre son parte de la OCA que ejecuta el Componente Aéreo, otorgándole así un neto carácter conjunto al uso dual de las FFEE, tanto para el dominio del aire como del ambiente terrestre.

Como vimos en los ejemplos históricos analizados en este título, dado que los radares son un típico blanco blando, las FFEE han sido y son doctrinariamente una capacidad rentable y de bajo costo a la hora de atacar radares y baterías de misiles; debido a que éstos son muy débiles y sensibles a las armas de infantería como las antitanques, morteros, granadas de mano, disparos de medio calibre de tiradores especiales, etc.; con lo cual una fuerza relativamente pequeña de FFEE puede lograr también efectos desproporcionadamente significativos en materia SEAD.

Si bien recientemente se ha creado el Comando Conjunto de FFEE, creemos conveniente que las tareas SEAD formen parte de la doctrina conjunta de las FFEE en apoyo a la

---

<sup>81</sup> Contrarrestar las Amenazas Aéreas y Misiles

<sup>82</sup> C2, acrónimo de Comando y Control.

campaña de Superioridad Aérea, especialmente durante la OCA; explotando las cualidades de velocidad, sigilo, sorpresa y poder de fuego controlado para penetrar las líneas y golpear con gran precisión al enemigo. Además dada la posibilidad de batir blancos de “Alto Valor”, las FFEE podrían dotarse de armamento ARM lanzable desde el hombro de corto alcance y bajo costo especialmente para destruir radares enemigos en tareas J-SEAD.

### **Las doctrinas de conducción para operaciones de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas**

La primera referencia sobre el uso de la aviación en contra de las capacidades electrónicas enemigas la hemos hallado en la obra de “The Radar Eye Blinded: The USAF and Electronic Warfare, 1945-1955” del Teniente Coronel Daniel T. Kuehl (1992) que hace referencia a una publicación de noviembre de 1952 del Comando Aéreo Táctico (TAC) de la USAF, sobre “Misión de Gobierno de Doctrina y Funciones de mando de Contra Medidas Electrónicas en operaciones aéreas tácticas” del cual el autor afirma que “fue un notable documento adelantado en su tiempo, donde se esbozaron las misiones para las cuales los aviones y el equipo aún no se habían desarrollado” en materia de doctrina de GE.

Según Kuehl (p. 186) este manual establecía que “la doctrina (ECM) incluía tres tipos de contramedidas electrónicas activas: interferencia, engaño (por ejemplo, Chaff) y destrucción de las instalaciones electrónicas del enemigo”, orientada más al combate en el espectro electromagnético cuyo objetivo era “evitar que el enemigo haga un uso eficaz de los equipos o tácticas que emplean la electrónica mediante la interferencia, el engaño o la destrucción física de su equipo” (Kuehl, 1992), al hablar de equipos de forma genérica no hace referencia específica a los SAM como amenaza relevante; posiblemente por el incipiente desarrollo de éstos en esos años.

Antes de Vietnam, la supresión de defensas aéreas era una tarea o misión indefinida que se concebían en base a esfuerzos de aeronaves o secciones individuales y en relación con objetivos u operaciones específicas en lugares o zonas muy confinadas, pero muy lejos de ser una operación dedicada, aunque crudas y aisladas fueron efectivas para su tiempo (Brungess, 1994, pp. 6 - 7).

Los sucesivos derribos durante el primer semestre de 1965 acertados por los SA-2, demostraron ser excepcionalmente exitosos en la negación del espacio aéreo a los estadounidenses, por lo que se necesitaron de medidas drásticas para contrarrestar la amenaza mortal que representaban. En definitiva, la urgencia llevó a la USAF y USN a trabajar con la industria electrónica privada en un nuevo “requerimiento de capacidad” para combatir a las armas guiadas antiaéreas rusas desplegadas sobre suelo vietnamita.

Consecutivamente, en octubre de 1965 a un grupo de diez aviadores de la USAF especialmente seleccionados se les otorgó una tarea altamente clasificada en una parte remota de la Base Aérea de Eglin (Florida) para participar del llamado Proyecto “Weasel” (Comadreja) que fue en definitiva el primer intento de un “diseño de fuerzas SEAD” concebido para desarrollar en principio nuevos equipos, técnicas, tácticas y aeronaves para contrarrestar las amenazas SAM; ideas que modelaron una nueva doctrina que hasta ese momento no había sido perfeccionada.

Dirigidos por el Mayor Gary Willard, los pilotos se apresuraron a entrenar para la “nueva capacidad”. En un mes el Escuadrón 354 de Cazas Tácticos F-100F “Super Sabre” bautizado “Wild Weasel”, se desplegó en noviembre del 65 a la Base Aérea Tailandesa de Korat. El mortal juego entre las “Comadreas Salvajes” y las “defensas aéreas vietnamitas” había comenzado; vuelos de Inteligencia Electrónica cerca de la región fronteriza de Vietnam y Laos recopilaron las frecuencias de los radares adversarios, localizaron las baterías y crearon la “conciencia situacional” a las tripulaciones sobre las peligrosas tareas a ejecutar contra los SAM enemigos.

En cuestión de semanas, en su F-100F los Capitanes Alled Lamb (Piloto) y su Oficial de GE Jack Donovan (operador de RWR y ARM) apoyados por F-105D “Thunderchiefs”, validaron el proyecto “Weasel” al anotar la primera destrucción de un sitio SAM al noroeste de Hanói el 22 de diciembre de 1965 con un “Shrike”, que batió al radar “Fang Song” de un SA-2 (Withington, 2008).

Según el Coronel (USAF) Joseph Speed y el Teniente Coronel (Fuerza Aérea Griega) Panagiotis Stathopoulos, la Guerra de Vietnam podría considerarse la línea divisoria de la supresión sistemática contra los SDA establecidos por negarle la libertad de acción a las operaciones aéreas de EEUU. En definitiva, este conflicto fue el catalizador de lo que se hoy conoce como SEAD (2018).

Además para el desarrollo de esta capacidad confirma Kuehl, que la USAF requirió para proteger a sus bombarderos de la AAA de la URSS: aviones ELINT con capacidades mejoradas, sistemas de alerta de radar de autoprotección, sistemas de interferencia mejorados aerotransportados y terrestres; es aquí donde se hacen las primeras referencia sobre la necesidad de desarrollar una capacidad para destruir radares enemigos, aunque sin explicitar los medios.

En materia doctrinaria, los estadounidenses incorporaron recién por primera vez la doctrina SEAD en el manual de la USAF - “Basic Aerospace Doctrine of the USAF” (AFM 1-1) de 1984, casi 20 años después de la primera misión con ARM en Vietnam. La SEAD fue clasificada dentro de las operaciones Ofensivas Contra Aérea (OCA) y se la definió como las “operaciones aeroespaciales de neutralizar, destruir o temporariamente degradar los sistemas de defensas aéreas

enemigos en un área específica por ataque físico y/o electrónico” con el objetivo de dar solución a los derribos por acción de éstas (Stein, 1987, p. 46).

La primera mención que pudimos ubicar sobre doctrina SEAD de la OTAN fue de 1984; y a diferencia de los americanos, Stein (1987) afirma que el manual OTAN “Tactical Air Doctrine” (ATP-33 A) trató a las operaciones SEAD simplemente como operaciones de contraataque aéreo y no como tareas de OCA definidas en el manual AFM 1-1 de 1984 de la USAF, dejando de manifiesto la diferencia con sus pares americanos. Para los Europeos era solo una respuesta defensiva, pero para los americanos era preventivo y ofensivo antes que una reacción defensiva pese al uso ofensivo dado por la RAF en 1982 con “Black Buck V y VI” en el CAS.

El ATP-33 (A) coincidió en la descripción de la SEAD como la “actividad que neutraliza, destruye o degrada temporalmente los sistemas de defensa aérea del enemigo basados en la superficie en un área específica mediante el uso de guerra electrónica y/o ataques físicos”. En el mejor de los casos, el ATP-33 (A) señaló que se requería SEAD para llevar a cabo específicamente operaciones de AFAC, Interdicción y Contraataque Aéreo, orientado más al apoyo de la Campaña Terrestre que a la Aérea, mientras que la de EEUU está orientada concretamente a la Aérea.

Dos años más tarde de la publicación de la USAF (AFM 1-1), el EMCO de los EEUU publica el 1º abril de 1986 el “Joint Doctrine for Theater Counterair Operations” (JP 3-01.2), cuyo objetivo era “emitir una doctrina conjunta para la planificación y el empleo de fuerzas conjuntas en OCA en el teatro de operaciones” (Joint Chiefs of Staff, 1986) dentro del cual se desarrolló (Cap. VI) el tema de la SEAD pero ahora con un tinte netamente “conjunto”.

Esta publicación advierte sobre que “la efectividad de las operaciones de combate depende en gran medida de la capacidad de las aeronaves para cumplir sus misiones asignadas. Los aviones amigos están amenazados por una variedad de sistemas de defensa aéreos enemigos hostiles” (Joint Chiefs of Staff, 1986, pp. VI - 1.1), dándole así un marco de relevancia a la necesidad de neutralizar o disminuir la peligrosidad de éstas contra la propia aviación de combate, además de hacer hincapié del diseño de fuerzas con aptitud suficiente para la SEAD.

Lo interesante y revolucionario de esta publicación conjunta es que las acciones contra los SDAI del enemigo dejan de ser una actividad específica del arma aérea llevadas a cabo en operaciones localizadas o como parte de una Campaña Aérea, para ser ejecutadas tanto por las fuerzas de superficie (terrestre y/o navales) y/o submarinas (con misiles de crucero) de una “fuerza conjunta” en operaciones tanto ofensivas como defensivas (Joint Chiefs of Staff, 1986, pp. VI - 1.3). De esta forma se involucra al poder de fuego de los medios orgánicos de superficie y

submarinos de forma concentrada contra los SDAI enemigos dentro de su área local de responsabilidad, permitiendo el uso de aeronaves propias en operaciones SEAD de largo alcance.

La definición sobre SEAD del manual JP 3-01.2 de 1986, es muy similar (Joint Chiefs of Staff, 2017, pp. VI - 1.2) a la utilizada en el manual específico AFM 1-1 de 1984 de la USAF y a la de sus aliados europeos en el ATP-33 (A) de la OTAN del mismo año.

Invadido Kuwait en agosto de 1990 por las fuerzas iraquíes de Saddam Hussein, se inicia la operación “Desert Storm” en las primeras horas del día 16 de enero de 1991 para la recuperación de este pequeño estado petrolero. Se llevó a cabo una amplia y masiva acción coordinada de las fuerzas aéreas y de superficie de la coalición para suprimir a las defensas aéreas instaladas en tierra y a la aviación iraquí para conseguir el objetivo de la I° Fase de la campaña aliada de “alcanzar la superioridad aérea en un plazo de 36 horas” de iniciada la ofensiva. Este objetivo puso en juego la doctrina occidental combinada de la OTAN - “Tactical Air Doctrine” ATP-33 (A) estandarizada de 1984 que consideraban simplemente a la SEAD como operaciones de contraataque aéreo, pero en la práctica prevaleció la “lógica ofensiva” norteamericana.

Durante la década del 90, luego de la Guerra del Golfo Pérsico de 1991, algunos autores dieron énfasis a la operación “SEAD conjunta” denominada “J-SEAD” (Joint SEAD), dado que la planificación y operación conjunta puede hacer más por el Comandante de la Fuerza Conjunta que la doctrina vigente, a través de la sinergia creada por la interacción de tareas conjuntas simultáneas tal cual se dio en “Desert Storm”, particularmente en el lanzamiento de misiles anti-radiación sobre objetivos específicos y del barrido de cazas enemigos donde se utilizaron aeronaves de las tres fuerzas. Las zonas de protección de fuerzas, según el Coronel (USAF) Brungess (1994), formaron el núcleo de las operaciones “proto-J-SEAD” que actuando conjuntamente en sus áreas de responsabilidad, paralizaron con sus ataques la red de Comando y Control y al SDAI iraquí.

En el mismo sentido sinérgico de “Desert Storm”, el 03 de diciembre 1993 el Jefe del EMCO de EEUU publica el primer manual “conjunto” sobre J-SEAD, denominado Joint Publication (JP 3-01.4) titulado “Joint Suppression of Enemy Air Defenses (J-SEAD)”, que establecía las Tácticas, Técnicas y Procedimientos de carácter Conjunto (Joint Tactics, Techniques, and Procedures - JTTP) centrados en determinar las responsabilidades y los procedimientos para la Supresión Conjunta de las Defensas Aéreas Enemigas (J-SEAD); además de describir las responsabilidades de planificación, coordinación y comando y control de las tareas J-SEAD (Joint Chiefs of Staff, 1993, p. iii). Fue actualizada en julio del 95 y siguió vigente hasta su reemplazo en 1999 por el Joint Publication (JP 3-01) “Countering Air and Missiles Threats”.

El Mayor (USAF) Jeff Kassebaum (2011) asevera que la doctrina J-SEAD concebida en 2001 “reflejaba la realidad de combate basada en las lecciones aprendidas en los 10 años de operaciones del USCENTCOM<sup>83</sup> y el último conflicto en Libia”; es decir que la intensa experiencia alcanzada entre 1991 y 2001, originó este concepto de tareas “SEAD conjuntas”.

En definitiva, la idea de la J-SEAD, no solo se llevó a las cuatro dimensiones o ambientes del campo de batalla conjunto (el terrestre, naval, aéreo y electromagnético), sino que tuvo profundas implicaciones para la doctrina conjunta en general; según Brungess:

La J-SEAD refleja una mentalidad de guerrero. Es más adecuado como un concepto para luchar guerras que como un concepto para mantener la paz. Como un concepto y una herramienta, J-SEAD existe principalmente con el propósito de defender o derrotar a un enemigo en batalla (1994, p. 129).

En definitiva, para Brungess lo conjunto es un estado mental para ganar en la batalla pensando la guerra como una sola, más que técnicas o herramientas de combate compartidos por las tres fuerzas. Para este autor, la J-SEAD se realiza solo a través de tener esa “mentalidad conjunta”, pese a que la SEAD es “el resultado de un proceso evolutivo lógico cuyo motor sigue siendo la tecnología” (1994, p. 210); resumiendo las bases de las operaciones SEAD son el planeamiento y operación conjunta más la tecnología; al que le podemos añadir que se debe incluir un entrenamiento y adiestramiento también conjunto “en condiciones tan similares como sea posible a las reales durante una guerra, de modo de acostumbrar a los pilotos y operadores de sistemas (de GE) a trabajar en ambientes electromagnéticamente saturados” (Saravia, 1995, p. 44).

La publicación del EMCO de los EEUU que reemplazó al “Joint Suppression of Enemy Air Defenses (J-SEAD)” (JP 3-01.4) editada en 1999, actualizada en 2017 y validada en mayo 2018 es la Joint Publication (JP 3-01) “Countering Air and Missiles Threats”; que proporciona especialmente la doctrina para operaciones conjuntas estadounidenses para contrarrestar las amenazas aéreas y de misiles enemigos (Joint Chiefs of Staff, 2017). Este último concepto incorpora directa e integralmente a los “misiles enemigos” como una amenaza relevante, producto de los avances tecnológicos en esta materia. Este manual reafirma que la SEAD continúa siendo una tarea “conjunta” y la define como la “actividad que neutraliza, destruye o degrada las defensas aéreas enemigas basadas en la superficie por medios destructivos y/o disruptivos” (2017).

---

<sup>83</sup> USCENTCOM, acrónimo de United State Central Command (Comando Central de los Estados Unidos). El Comando Central de los Estados Unidos, ubicado en la Base Aérea de Mac Dill, Tampa, Florida, es un comando unificado de seguridad responsable de los intereses de EEUU en 27 naciones que se extienden desde el Cuerno de África a través de la región del Golfo Árabe, en Asia Central.

Con un simple análisis, podemos notar un pequeño cambio en la vieja definición de los años 80 de los manuales examinados (USAF - AFM 1-1 de 1984; OTAN - ATP-33 (A) de 1984 y JCS - JP 3-01.2 de 1986) que afirmaban que la SEAD se realizaba a través de “ataque físico y/o electrónico”; pero en la nueva definición de 2018 se refiere a medios “destructivos y/o disruptivos<sup>84</sup>”; e interpretamos que ahora el efecto producido sobre los blancos son también temporarios, sin importar el medio físico, mecánico o electrónico para degradarlo o romperlo.

Hasta aquí hemos desarrollado la doctrina SEAD occidental, más conocida y extendida globalmente; pero del lado ruso durante el período soviético y postsoviético, un artículo en el Diario de Teoría Militar del Ministerio de Defensa escrito por el Coronel Mikhail Liubin, describe cómo evolucionó la GE soviética entre 1945 y 1991, tomado por Jonas Kjellén analista experto del Instituto Sueco de Investigaciones para la Defensa.

Entre 1940-1980 según los estudios de Kjellén, la Enciclopedia Militar Soviética en 1984 definía que Electronic Warfare (EW) “es un conjunto de medidas tomadas para identificar y posteriormente utilizar la supresión radioelectrónica en equipos y sistemas radioelectrónicos de los adversarios, y para proteger los equipos y sistemas radioelectrónicos de las propias fuerzas” (2018, pp. 19-20), la visión rusa es una definición claramente orientada únicamente al uso del espectro EM, sin abarcar los ataques físicos contra los sistemas electrónicos o contra las baterías SAM.

Doctrinalmente, la GE soviética se dividió en los 80 en medidas defensivas como “protección radioelectrónica” y ofensivas “supresión radioelectrónica”, considerando que eran “equipos y sistemas radioelectrónicos” tanto los propios a defender como los del enemigo a atacar.

Además a primera vista, falta en la definición el proceso de detección y localización de objetivos por medio del Reconocimiento Electrónico y AGE, pero para Kjellén no se omitió de la definición, sino que se trató de manera inseparable de las medidas de GE ofensivas y defensivas.

Para 1990 la definición de GE en el Diccionario Naval Soviético, según Kjellén había sufrido solo “algunos cambios, en su mayoría cosméticos” que establecía:

Un conjunto de medidas y acciones, interrelacionadas en el tiempo y por objetivo y tareas, tomadas por las fuerzas para detectar equipos y sistemas radioelectrónicos enemigos y asegurar su posterior destrucción (usando cualquier arma), eliminación o supresión radioelectrónica, así como la protección radioelectrónica de equipos radioelectrónicos propios de las fuerzas; GE es una función de apoyo de combate (Naval Dictionary 1990: 357).

---

<sup>84</sup> Disrupción, del inglés disruption, y este del latín disruptio; “rotura, fractura”. f. Rotura o interrupción brusca (Real Academia Española, 2018).

Según podemos advertir, en la era post soviética se agrega nuevamente la tarea de “detectar” que no estaba en los 80; pero además la GE en sí no poseía un carácter conjunto como la doctrina occidental y no se consideraba una operación de apoyo de combate a otras principales, incluso carecía de carácter autónomo y no poseía relevancia en las fases de una campaña militar; difiriendo notablemente en la forma en que los occidentales llevaron a cabo en las primeras horas de la operación “Desert Storm” para alcanzar la superioridad aérea a través de operaciones SEAD.

La más actualizada definición sobre GE rusa fue encontrada por Kjellén en un artículo de 2017, escrito por dos coroneles de la División de GE de la Academia de la Fuerza Aérea en Voronezh (Guzenko y Moraresku, 2017, pág. 14-16) sobre un documento oficial titulado “Guerra electrónica: Términos y definiciones” que no está disponible públicamente; y que fue elaborado en acuerdo con el Organismo de Normas Técnicas de Rusia otorgándole autoridad y obligatoriedad de uso tanto para las FFAA como a la industria militar, en él se establece que:

La GE ahora dividida en cuatro tareas operativas, es un conjunto de actividades y acciones coordinadas que abarcan el “ataque radioelectrónico” contra los objetos radioelectrónicos y técnicos de información adversarios, la “protección radioelectrónica” de los objetos radioelectrónicos y técnicos de información; las “medidas contra el reconocimiento técnico” y las “medidas de apoyo a la información radioelectrónica” (Kjellén, 2018, p. 21).

Esta definición difiere de las anteriores en varios aspectos. La más evidente, es la división en cuatro áreas, en lugar de las dos habituales (ofensiva/defensiva de los 80); las dos adicionales son “contramedidas contra el reconocimiento técnico y la información”, y las “medidas de apoyo a la información radioelectrónica”, aproximándose en número y tareas a las occidentales.

En segundo lugar, el lado ofensivo de las GE tradicional rusa de “supresión electrónica”, se reemplaza ahora por el difundido concepto de “ataque electrónico”; de esta manera, la diversidad de armas ofensivas de GE se amplió a los medios físicos capaces de “destruir equipos electrónicos” enemigos (Hard Kill) como los ARM, copiando ahora a la doctrina occidental.

En tercero, al reemplazar los “equipos y sistemas radioelectrónicos” anteriores por “objetos radioelectrónicos y de información técnica”, también se han aumentado los blancos enemigos que pueden ser objeto de la GE, ya no se limitan a sistemas directamente activos en el EEM (comunicaciones, radares, etc.) sino también a los “sistemas subyacentes”, como computadoras, almacenadores de datos y equipos de suministro de energía, los que ahora también constituyen objetivos viables para la GE rusa.

La doctrina occidental dividida en tres áreas (Ataque; Protección y Apoyo Electrónico) no involucran como la rusa a los “sistemas subyacentes”; pero la incluyen en la doctrina de “Guerra Centrada en Redes” (Network Centric Warfare) que se encuentra estrechamente relacionada con la GE gracias al uso generalizado de las telecomunicaciones. No obstante, las dos tareas básicas y tradicionales de las medidas de EW ofensivas rusas se mantienen sin cambios, para degradar el Comando y Control (C2) del adversario y reducir la eficacia de sus sistemas de armas.

Para Rusia el Ataque Electrónico, se realiza esencialmente a través de cuatro métodos diferentes (ver Ilustración N° 11), el primer método de “Ataque Funcional” es un nuevo término que se refiere a las operaciones de redes informáticas, donde se destaca que la GE rusa podría ampliar significativamente sus capacidades con ataques basados en software (virus) contra “objetos radioelectrónicos” que afecten la funcionalidad de la infraestructura civil, los sistemas de Comando y Control de gobierno y militares (Kjellén, 2018, pp. 22-23).

El cuarto procedimiento ruso, la “Simulación/Imitación Electrónica” es la creación de un entorno EM falso y coherente a través de técnicas de engaño electrónico imitativo. A diferencia de la teoría occidental, la imitación juega un papel más prominente en las tácticas rusas.

<p style="text-align: center;"><b><u>Ataque Electrónico</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataque Funcional.</li> <li>• Contramedidas Electrónicas.</li> <li>• Misiles Antirradiación.</li> <li>• Simulación/Imitación Electrónica.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Protección Electrónica</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección contra Ataque Electrónico.</li> <li>• Compatibilidad Electromagnética.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Contramedidas contra Reconocimiento Técnico</u></b></p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Medidas de Apoyo de Información Radioelectrónica</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento Técnico (de radio, radar, opto electrónico, acústico e hidroacústico).</li> <li>• Control Técnico Comprensivo.</li> <li>• Esfuerzo de Información de Guerra Electrónica.</li> </ul>		

Ilustración N° 11: La GE moderna de Rusia en sus cuatro subdivisiones. Fuente: Guzenko & Moraresku (2017).

Por otro lado, durante la era soviética no se trató a la SEAD como una operación aérea independiente sino como un papel táctico como parte de un ataque aéreo masivo y abrumador contra la OTAN. Este papel no fue desempeñado por aviones específicos SEAD, sino por bombarderos y cazas normales que podrían portar eventualmente ARM. Rusia dispone hoy de una amplia familia de ARM; los que pueden ser utilizados en una extensa gama de cazabombarderos modernizados y en los nuevos Su-35E, MiG-35 y Su-57 (Barrie & Komarov, 2007).

En relación sobre el Accionar Militar Conjunto durante el CAS, observado en el “Informe Final de la Comisión de Análisis y Evaluación de las responsabilidades en el conflicto del Atlántico Sur” (Rattenbach, Rey, Vago, Boffi, Sanchez De Bustamante, & Cabrera, 1983), destaca

en el párrafo 870 las principales falencias en materia de Doctrina Militar Conjunta advirtiendo que “las deficiencias observadas en materia conjunta han resultado significativas y reclaman urgente solución...” (1983, p. 287).

En tanto que el párrafo 871, resalta la importancia que “en la guerra moderna, sólo la integración a nivel conjunto de las FFAA permite el logro de los objetivos militares propuestos...” (1983, p. 287). Al mismo tiempo, el párrafo 872 sobre la falta de acción y doctrina conjunta, sugería con visión de futuro:

Solucionar este problema, debe constituirse en una responsabilidad primordial de las autoridades de cada fuerza. Será necesario, en primer término, limar asperezas, delimitar ámbitos operacionales, desarrollar doctrinas conjuntas, efectuar ejercitaciones teóricas y prácticas, instrumentar cursos de Estado Mayor y de conducción conjuntos... (1983, p. 287).

Es decir que la doctrina SEAD que solo hoy se enmarca en la FAA, deberá transformarse y avanzar a nuestro entender, hacia una doctrina J-SEAD al estilo occidental además de lograr el ansiado accionar conjunto como se marcó en el párrafo 872 al concluir que “...la guerra moderna no admite la posibilidad del triunfo por parte de una fuerza, exclusivamente. En cambio, existe la seguridad de la derrota si ellos actúan en compartimientos estancos”.

Doctrina y accionar único que debe materializarse a través del planeamiento conjunto, tal cual el informe advierte sobre revalorizar al EMCO como “organismo fundamental para operar esta transformación” por medio de “un sistema único de planeamiento” (1983, p. 287).

Según Brungess, las bases de las operaciones SEAD son el planeamiento y operación conjunta más tecnología adecuada, a nuestro entender estas afirmaciones surgieron de las propias experiencias bélicas estadounidenses pero principalmente de los errores cometidos en ellos, y como de los errores se aprende, las deficiencias en el accionar conjunto que demostraron las FFAA argentinas en el CAS, citados en el párrafo 875 del “Informe Rattenbach” fueron la falta de: desarrollo equilibrado y armónico del equipamiento de cada fuerza sujeto a las necesidades de la guerra moderna y las hipótesis de guerra existentes; la ausencia de una aviación modernizada para la guerra en tierra y en el mar; la falta de medios aéreos de exploración y reconocimiento adecuados y por último la carencia de adiestramiento suficiente en las FFAA para el aprovechamiento integral de la electrónica en todos los ámbitos de la guerra moderna (aire, agua, tierra), a los que podemos incluir el EEM y el ciberespacio.

En la doctrina conjunta argentina como enseñanzas de la guerra, el primer tratamiento sobre tareas SEAD se hizo recién en la 2ª edición 2012 del Manual de GE para la Acción Militar

Conjunta (PC-13 50) que al enumerar los objetivos de las actividades del Ataque Electrónico (EA) uno de ellos (ítem 2) es “suprimir y destruir las defensas áreas integradas” (2012, p. 29).

En tanto en el Capítulo 8 sobre Planeamiento de GE, entiende para la doctrina conjunta argentina con el nombre de SEAD a “cualquier actividad destinada a neutralizar, destruir o degradar temporalmente a las defensas aéreas enemigas basadas en superficie a través de su destrucción o interferencia utilizando medios físicos o electrónicos” (2012, p. 42), poniéndonos al mismo nivel doctrinario en esta materia que otras potencias militares occidentales.

Para nuestras FFAA la SEAD supone la “neutralización, destrucción o degradación temporal del sistema integrado de defensa (aéreo) enemigo, comando, control y comunicaciones y sistemas de radar de detección y dirección de misiles superficie-aire y artillería antiaérea”; poniendo en relevancia que ahora las misiones SEAD “son de importancia crítica para el éxito de cualquier operación conjunta cuando el control del combate es logrado por el adversario”; aclarando que se refiere al control, superioridad o dominio del aerospacio de interés (2012, p. 43).

Aunque en materia de las responsabilidades de Comando y Control de las operaciones SEAD, nuestra doctrina sólo menciona a Nivel Estratégico Operacional como una simple línea de coordinación entre los responsables de conducir la planificación conjunta de GE y el elemento de planeamiento de los medios aéreos encargado de las tareas SEAD.

En definitiva a nuestro entender no existe un documento conjunto que establezca claramente las responsabilidades y los procedimientos para la SEAD Conjunta (J-SEAD) que proporcione una orientación militar para el ejercicio de la autoridad; y que además describa las tareas de planificación, coordinación y comando y control de este tipo de operaciones para los Comandantes Conjuntos Operacionales, de Fuerzas de Tareas y otros componentes conjuntos subordinados de estas organizaciones.

Si bien hemos visto en este trabajo que la doctrina SEAD mayoritariamente ha sido desarrollada y ejecutada por las ramas aéreas de las principales potencias occidentales, los beneficiarios de la libertad de acción obtenida son las tres fuerzas dado que “permiten el logro de los objetivos militares propuestos” según reafirma el informe Rattenbach (1983, p. 287).

## CAPÍTULO IV

### **LA CAPACIDAD DE SUPRESIÓN DE DEFENSAS AÉREAS ENEMIGAS – DIMENSIONAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ESTRATÉGICA**

*“La victoria favorece a los que se adelantan a las transformaciones de las formas de guerra, no así a los que tan solo se adaptan a las transformaciones mismas”*

Giulio Douhet

En este último capítulo se determinaron las aptitudes cualitativas de los medios aéreos específicos de SEAD que puedan lograr efectos para actuar sobre las amenazas que componen un Sistema de Defensa Aéreo Integrado (SDAI) y de las aeronaves tripuladas o no que podrán participar en Operaciones Aéreas Ofensivas futuras.

Se determinaron los factores de planeamiento sobre la base del “juicio por incertidumbre” para establecer el equipamiento, composición y calidad posible; en tanto para la dimensión de una Fuerza Aérea Ofensiva con Capacidad SEAD se utilizó una herramienta de diseño de fuerzas, basado en la modificación del MMP inicial y en la definición de una nueva Amenaza Genérica con un moderno SDAI.

Definir una Amenaza Genérica nos permitió; luego de contrastarla cuali-cuantitativamente a través de la “Tasa de Atrición” del MMP actual; magnificar la Fuerza Aérea Ofensiva con Capacidad SEAD para definir la “Capacidad Suficiente” inicial y la “Fuerza Activa Sustancial” SEAD a alcanzar en forma gradual.

Finalmente se formuló una propuesta sobre la posible distribución estratégica de los medios para cumplir las tareas SEAD dentro del Área de Capacidad N° 5 - Operaciones Asociadas a la Misión Principal (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2018, p. 15).

#### **La Tasa de Atrición Total de la Defensa Aérea (Pkt) como factor de planeamiento para determinar la cantidad de Aeronaves Ofensivas con capacidad SEAD**

Asumido un nivel de “incertidumbre sobre las futuras amenazas”, utilizaremos el criterio de “juicio por incertidumbre” y el método inductivo para determinar la Capacidad Ofensiva SEAD y así precisar todo aquello que ésta deberá ser capaz de realizar a través de la herramienta metodológica planteada que es la “tasa de atrición” como variable de prueba y contraste para definir el dimensionamiento de la capacidad.

Como hemos visto en los primeros capítulos, en estos últimos 75 años, a requerimiento de la conducción militar de las fuerzas, los gobiernos han empeñado importantes recursos económicos para financiar los esfuerzos técnicos de las industrias aéreas y de electrónicas del sector defensa para obtener aeronaves ofensivas con una conveniente y útil protección contra los sistemas antiaéreos, además de proveerles armas aéreas más precisas y efectivas para destruir al oponente.

Ahora bien, cuando vinculamos en la realidad o en los planes un diseño de fuerza, el SDAI enemigo con las Operaciones Aéreas Ofensivas propias, el punto de contacto, matemática y probabilísticamente hablando lo podemos hallar en el grado de efectividad del SDAI en oposición, que no es otra cosa que la “Tasa de Atrición” del SDAI.

En definitiva, el desarrollo de capacidades de protección electrónica para contrarrestar los derribos del SDAI convierten a la “Tasa de Atrición” del SDAI en un “factor determinante” para el dimensionamiento de las Capacidades Aéreas Ofensivas, en particular en la ejecución de las operaciones de Bombardeo Aéreo Estratégico, Apoyo de Fuego Aéreo Cercano e Interdicción Aérea Táctica donde las DA enemigas están presentes.

A modo de conclusión, para el Planeamiento Estratégico Militar y en el implícito diseño de fuerzas, la importancia de la “Tasa de Atrición” puede traducirse en términos de “riesgos” y “costos”; tal cual se prevé en el manual PC 20 09 sobre la evaluación de los “riesgos y amenazas presentes” (2018, p. 18) son a nuestro entender, el riesgo implícito de enfrentar un SDAI y las pérdidas o costos probables a aceptar en la batalla.

Al hablar de minimizar riesgos y costos operacionales futuros contra los SDAI, la Tasa de ATRICIÓN TOTAL (Pkt) de un futuro sistema enemigo “genérico” (o conocido) se transforma, en el más relevante “Factor de Planeamiento” para establecer la aptitud, calidad y dimensión de una Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta con Capacidad SEAD contra cualquier amenaza.

Un SDAI enemigo más moderno y sofisticado, nos exigirá tener un diseño más importante numérica y tecnológicamente hablando, que otro más retrasado; en conclusión, tendrán diferentes tasas de atrición y exigirán disímiles cantidades y calidades de recursos aéreos y armas para combatirlos, debido a que representan riesgos muy dispares desde lo probabilístico a lo real.

Al utilizar un modelo para aproximar una capacidad en base a “riesgos y amenazas presentes” (PC 20 09), creemos que a la hora de definirla cuantitativa y cualitativamente existen variables o factores propios que son controlables por los responsables del Planeamiento del Instrumento Militar entendidos como “endógenos”; pero como vimos en la modelización (MMP) existen otros no controlables ni por los hacedores del planeamiento, ni por las propias fuerzas

durante un conflicto, que son ajenas o “exógenas” a nuestro sistema de Planeamiento por Capacidades ya que son solo controlados por la probable amenaza.

En definitiva, para el desarrollo de capacidades militares existen variables “controlables” (endógenas), las que podemos conocer o calcular con mayor precisión y las “no controlables” (exógenas) que debemos aproximar en base a información suministrada por la Inteligencia Estratégica Militar para reducir el grado de incertidumbre sobre ellas, ya sea sobre una amenaza cierta o hipotética (genérica).

Dado que nuestro sistema de planeamiento ha establecido la definición de “Amenazas y Agresiones Genéricas”, lo más importante del Modelo “Neri” adaptado es precisar en primer lugar, para cada “Amenaza Genérica”, la Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la DA (Pkt) para cada Escenario de Enfrentamiento (genérico) en un período determinado de conflicto (duración media en días).

Esto nos permitirá determinar la magnitud o cantidad inicial de Aeronaves Ofensivas (tripuladas y no tripuladas) que componen la Fuerza Total (FT) disponibles con capacidad SEAD a desarrollar. Además nos proporcionará saber si la dotación inicial es suficiente o no para cumplir la cantidad de misiones o salidas necesarias para atacar una determinada cantidad de blancos en virtud de los “riesgos y amenazas presentes” (PC 20 09).

Es decir, dependerá de la magnitud del SDAI correspondiente a cada Amenaza Genérica en oposición; y de la efectividad del SAI de nuestras aeronaves ofensivas, de las Armas Anti-radiación (ARM) y de las medidas de Ataque Electrónico “stand off” de las fuerzas SEAD para batir o degradar los radares asociados a los SAM y/o cañones de AAA en oposición.

En definitiva, el Planeamiento Estratégico Militar para estimar una Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la Defensa Aérea (Pkt) para cada Amenaza Genérica a través del MMP propuesto, deberá estimar/determinar siguientes variables Endógenas:

- 1) Duración media en días del conflicto.
- 2) Tasa de Salidas de Combate (Sortie Rate) diaria de la fuerza ofensiva conjunta.
- 3) Tasas de Eficacia de los SAI y del AGE.
- 4) Tasas de Eficacia de los sistemas de Ataque Electrónico (Soft Kill) de la Interferencia Electrónica Activa (jamming y señuelos) y Pasiva (chaff y/o flare).
- 5) Tasas de Eficacia del Ataque Electrónico (Hard Kill) de los ARM.
- 6) Total de Salidas de Combate Posibles (np) de la Fuerza Ofensiva.
- 7) Determinar el Número de Aeronaves Remantes (Nr) “esperadas” (por el Planeamiento) de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta para el final del conflicto.

Para cerrar el MMP y confrontar a nuestras capacidades, el Planeamiento Estratégico Militar deberá conocer, concebir o estimar para cada Amenaza Genérica, las variables exógenas que conforman dicho “SDAI Genérico” compuestas por las:

- 1) Probabilidades de Detección del Radar de Alerta Temprana.
- 2) Probabilidades de Detección del Radar de Adquisición.
- 3) Probabilidades de Seguimiento para el Guiado del Misil.
- 4) Probabilidades de Destrucción del Misil de largo, mediano y/o corto alcance.

Considerar la Tasa de Atrición (Pkt) del SDAI de cada amenaza, en relación con nuestra capacidad de Guerra Electrónica Autodefensiva (SAI) y la de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas (SEAD), nos permitirá aproximar para cada una de ellas, las diferentes posibilidades de atrición o desgaste que sufra nuestra aviación ofensiva, pero la pregunta es ¿qué Tasa Pkt es la más adecuada para dimensionar nuestra capacidad aérea ofensiva?

La respuesta real estará en la capacidad de análisis de los planificadores; a modo de ejemplo podemos presentar en la Ilustración N° 12, las múltiples posibilidades de Tasa de Atrición (Pkt) que podrían barajarse para dimensionar nuestra capacidad aérea ofensiva futura.

En definitiva, a modo de ejemplo comparativo, partiendo de una dotación inicial de 100 aviones de ataque, una Sortie Rate (SR) diaria de 2,5 por avión (ver Anexo 9), 5.000 misiones aéreas planeadas y en un máximo previsto de 20 días de conflicto, podremos calcular los Días Posibles de Operación en función de las pérdidas diarias propiciadas por cada tasa Pkt.

Al enfrentar nuestra fuerza a una Tasa Pkt de 5,734% del Escenario del CAS, solo podremos realizar hasta 1.558 salidas totales y cumplir un 31% de las 5.000 planeadas y quedando solo 5 aviones remanentes luego de 6 días de conflicto. En el Escenario N° 2 (c/GE-SAI) y una Tasa Pkt de 1,324%, se podrían alcanzar el 73% (3.625 de las 5.000) de las salidas con la mitad de los aparatos remanentes y combatir por 15 días.

En tanto el Escenario N° 3 (GE-SAI+SEAD) la Tasa Pkt de 0,632%, nos permite estirarnos hasta 4.272 misiones y cumplir algo menos del 85% de lo previsto, perdiéndose 27 aparatos del stock inicial y podremos estirar el conflicto hasta 17 días. Si optáramos como objetivo una tasa del 0,044% como fue el caso de la II Guerra del Líbano de 2006, cumpliríamos el 98,9% de las salidas y tendríamos solo 2 aeronaves derribadas y cumplir con los 20 días de conflicto.

Ejemplo comparativo de Días Posibles de Operación, luego de la aplicación de la Tasa de Atrición (Pkt) en 50 Salidas de Combate para una Dotación de 100 Aeronaves y una Sortie Rate de 2,5 por aeronave/día en 20 días de operación planificados/previstos.								
CONFLICTOS/ ESCENARIOS	Conflicto del Atlántico Sur (CAS) - Caso Testigo	Batalla de Inglaterra - Luftwaffe	Escenario N° 2 - C/G.E.	Operación Linebacker II (Vietnam)	Guerra de Yom Kippur	Escenario N° 3 - C/G.E. + OP. SEAD	Operación Desert Storm Guerra Golfo I	II Guerra del Líbano
Tasa de Atrición Total (Pkt):	5,734%	2,782%	1,324%	0,933%	0,782%	0,632%	0,092%	0,044%
Dotación Inicial de Aeronaves	100							
Sortie Rate Planificado:	2,50							
Salidas de Combate x Ae. Planificadas:	50							
Máx. Salidas Cbte Planificadas:	5.000							
Protección Electrónica de Aeronaves	Nula	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta		
<b>Resultados comparativos para cada Tasa de Atrición:</b>								
Aeronaves Remanentes ( Nr )	5	24	51	63	68	73	96	98
Aeronaves Perdidas ( C )	95	76	49	37	32	27	4	2
% de Aeronaves Perdidas	99,8%	79,6%	51,2%	39,4%	34,2%	28,6%	4,7%	2,3%
Total Salidas de Combate en función Pkt:	1.558	2.642	3.625	3.973	4.119	4.272	4.885	4.944
Cumplimiento Salidas de Combate (%):	31%	53%	73%	79%	82%	85%	98%	99%
Total de Salidas Posibles x Ae:	16	26	36	40	41	43	49	49
Días Posibles de Operación:	6	11	15	16	16	17	20	20

Fuente: elaboración propia.

Ilustración N° 12: Ejemplo comparativo de Días Posibles de Operación, luego de la aplicación de la Tasa de Atrición (Pkt) en 50 Salidas de Combate para una Dotación de 100 Ae. y una Sortie Rate de 2,5 por ae./día en 20 días de operación previstos.

En conclusión, para conflictos con un Pkt alta o muy alta y aeronaves desprotegidas, es imposible planificar un conflicto para más de 6 días de duración; en tanto que un caso intermedio con tasas menores a 1%; la situación se acerca más a las metas propuestas de 20 días para la culminación del conflicto; en definitiva una fuerza ofensiva bien equipada en materia SAI y SEAD la situación para la planificación puede ser más holgada en términos de tiempo y de efectividad de los objetivos planteados para una Campaña Aérea y a un mínimo riesgo.

Estos ejemplos nos permiten mostrar la relación inversa entre la cantidad máxima de Salidas de Combate y los Días de Operación a una Sortie Rate (SR) planificada (ver Anexo 9) y las Tasas de Atrición (Pkt) del SDAI enemigo; pero son directamente proporcional al incremento de las Capacidades de los SAI y de SEAD seleccionadas en el proceso de diseño, obtención, adoctrinamiento, alistamiento y adiestramiento de la fuerza.

Presentada la importancia de la GE y sabiendo que el uso de las variables “tecnológicamente idóneas” juegan un rol cada vez más importante en la guerra, es indudable que en la práctica el efecto de la presencia de los SAI es considerado un factor potenciador o multiplicador de fuerzas desde el inicio de las operaciones.

Además, si sumamos la capacidad de ejecutar tareas SEAD ofensivas con armamento especializado, podemos inferir que una fuerza aérea posee intrínsecamente un factor cualitativo que mejora la supervivencia de sus aeronaves y que conjuntamente ejercen una influencia directa sobre el desarrollo de las operaciones conjuntas y sobre el grado de Superioridad Aérea local o general.

## Los factores de planeamiento para las Capacidades SEAD

Visto en el Capítulo III, las experiencias de las principales potencias, los desarrollos tecnológicos, las doctrinas de empleo, la historia operacional y los diseños de fuerzas respectivos que pudimos identificar en materia de SEAD; podemos definir ahora a modo de conclusión los “factores determinantes” para tener en cuenta para el desarrollo y diseño integral de una Fuerza Aérea Ofensiva con Capacidad de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas de carácter conjunto:

- 1) Para el acceso a las Tecnologías de GE:
  - a. Contar con independencia, libertad y suficiencia tecnológica en el campo de la GE por ser un área sensible en materia de políticas de defensa y de muy alto costo de acceso.
  - b. Considerar la conformación de alianzas estratégicas internacionales con países afines y con capacidad tecnológica para facilitar el acceso a las tecnologías aeroespaciales y de electrónica avanzada en cuestión, además de compartir costos de investigación, desarrollo y fabricación.
  - c. Impulsar el desarrollo nacional de sistemas de GE aprovechando la incipiente capacidad científica-técnica actualmente existente.
- 2) Para la Doctrina Militar Conjunta el EMCO deberá
  - a. Establecer una publicación conjunta, centrada en las responsabilidades y los procedimientos para la J-SEAD, que proporcione una orientación militar para el ejercicio de la autoridad y describa las responsabilidades de planificación, coordinación y comando y control de este tipo de operaciones a Nivel Estratégico Militar y Operacional.
  - b. Incorporar a las Tareas SEAD como operaciones aéreas de carácter conjunto (J-SEAD) con el objeto de alcanzar la Superioridad Aérea, abarcando todos los ámbitos operacionales.
  - c. Incorporar las Tareas J-SEAD dentro de la doctrina de FFEE.
- 3) Para las estimaciones de los Ambientes Geoestratégicos Diferenciados futuros y de las Amenazas y Agresiones Genéricas, según el manual PC 20 09:
  - a. Conocer/estimar a través de la Inteligencia Estratégica Militar, la composición del escenario aeroespacial a enfrentar, considerando la cantidad y calidad de las potenciales capacidades genéricas de los SDAI a enfrentar y el/los ambientes donde se desarrollarán las operaciones militares conjuntas.
  - b. Contar a Nivel Estratégico Militar con un organismo conjunto dedicado al conocimiento, análisis técnico, análisis de riesgos, registro (base de

datos conjunta) y gestión del EEM de uso militar tanto de las propias fuerzas como de las amenazas. Y que además elabore y actualice el Orden de Batalla Electrónico (OBE) de posibles amenazas.

4) Para las Aeronaves Ofensivas Multirol Estandarizadas tripuladas con Capacidad SEAD:

- a. Contribución Sistémica: medios que puedan ser empleados en las Áreas de Capacidades N° 3 (ISR, GE y Ciberdef.) y N° 5 (Misión Principal).
- b. Que pueda ser utilizado para tareas específicas (pertinencia) y conjuntas (polivalencia) desde pista terrestre y portaviones (navalizado).
- c. Contar con aeronaves tripuladas de cazabombardero de IV++ y/o V Generación con diseño de furtividad (stealth) con mínima firma en los espectros EM, IR y UV que garanticen máxima sigilicidad.
- d. Incorporar las capacidades de GE de Apoyo de Guerra Electrónico (AGE) ELINT asociado al SAI.
- e. Incorporar las capacidades de Ataque Electrónico Soft Kill “stand off” con Interferidores RF de alta potencia en pods.
- f. Incorporar las capacidades de Ataque Electrónico Hard Kill compuesto por el ARM de largo alcance; guiado de precisión y no guiado A-S “stand off” contra blancos blandos.
- g. Incorporar la capacidad de Ataque Electrónico de “cortinado de Chaff” contra radares.
- h. Incorporar el guiado y control desde la aeronave de los VANT ofensivos que respondan al concepto de “escolta leal” (Caza Multirol Furtivo +UCAV Furtivo).

5) Para los VANT de “escolta leal” con Capacidad SEAD:

- a. Contribución Sistémica: medios que puedan ser empleados en las Áreas de Capacidades N° 3 (ISR, GE y Ciberdef.) y N° 5 (Misión Principal).
- b. Que pueda ser utilizado para tareas específicas (pertinencia) y conjuntas (polivalencia) desde pistas terrestres y portaviones (navalizado).
- c. Contar con aeronaves no tripuladas de bombardero ofensiva con diseño de furtividad (stealth) con mínima firma en los espectros EM, IR y UV que garanticen máxima sigilicidad.

- d. Incorporar el guiado y control mixto, desde Estación Terrestre y Aeronave de Multirol según el concepto de “escolta leal” (Caza Multirol Furtivo +UCAV Furtivo).
  - e. Incorporar las capacidades de Apoyo Electrónico (AGE) asociado al armamento ARM de corto alcance y Señuelos Activos Remolcados e Interferidores de RF.
  - f. Incorporar las capacidades de Ataque Electrónico Soft Kill “Stand In” con Interferidores RF de media potencia de disposición interna/externa.
  - g. Incorporar las capacidades de Ataque Electrónico Hard Kill compuesto por el ARM de medio/corto alcance; guiado de precisión EO/IR “Stand In” contra blancos blandos.
  - h. Incorporar/Desarrollar armamento A-S anti-radiación (ARM) de corto alcance a línea de vista para tareas SEAD de los VANT.
- 6) Para los VANT “merodeador” para atacar radares y comunicaciones/RF):
- a. Incorporar un diseño y construcción de bajo costo (deseable).
  - b. Que pueda operar desde pistas terrestres o portaviones (navalizado).
  - c. Poseer guiado mixto, manual desde Estación Terrestre por cámara EO/IR y programable por GPS, además del guiado terminal pasivo para seguimiento y ataque de emisiones de RF (homing).
  - d. Posibilidad de ser recuperado para futuro reemplazo.
  - e. Poseer sistema de autodestrucción y una ojiva altamente explosiva.
- 7) Aspectos Organizacionales:
- a. Capacidad Suficiente: conformar Escuadrones Aéreos operativos de aeronaves tripuladas y no tripuladas con Capacidad SEAD en la Fuerza Aérea y la Armada.
  - b. Conformar/reorganizar/adaptar Unidades/Elementos de FFEE para Tareas SEAD en el ámbito del Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea.
  - c. Crecimiento Sistémico Modular: a través de la conformación orgánica de Escuadrones Aéreos operativos como Fuerza Mínima Sustancial (FMS).
  - d. Normalización Logística: compatibilidad de los componentes.
- 8) Para las Unidades/Elementos de Fuerzas Especiales con capacidad SEAD.
- a. Desarrollar armamento S-S anti-radiación (ARM) de corto alcance a línea de vista para tareas SEAD de FFEE.

- b. Desarrollar/adaptar armamento guiado (TV, láserico, IR, etc.) con alcance a línea de vista contra radares de instalación terrestre (blancos blandos).
  - c. Adiestrar en forma conjunta a las FFEE de las tres fuerzas en tareas SEAD, aprovechando las capacidades específicas existentes.
- 9) Para las otras Capacidades de GE contribuyentes:
- a. Contar con capacidades de Inteligencia de Emisiones (INTEM) Aerotransportado “stand off”, de Electrónica (ELINT) y de Comunicaciones (COMINT) para determinar el Orden de Batalla Electrónico (OBE) de los posibles oponentes desde los tiempos de paz.
  - b. Conformar un polígono de GE con capacidad de imitación de los SDA para adiestramiento conjunto de Escuadrones SEAD (tripulados/no tripulados), Escuadrones Ofensivos, unidades aéreas equipadas con SAI y unidades de FFEE equipadas con capacidad ARM.
- 10) Adiestrar a las fuerzas conjuntas en el desarrollo de Tareas J-SEAD en escenarios EM densos tanto aeroterrestres como aeromarítimos.

### **Requerimientos operativos (criterio cualitativo) de los medios aéreos ofensivos tripulados con capacidad SEAD a desarrollar**

Podemos afirmar que las aeronaves ofensivas tripuladas en los tiempos actuales son un conjunto importante de innovaciones tecnológicas que parten desde los aviones de caza y ataque multirol de la IV hasta los de V Generación con diseño de tecnología furtiva.

Los cazas de IV Generación, aparecidos entre fines de los 70 y 90, poseen entre sus rasgos distintivos los misiles de combate del tipo BVR<sup>85</sup> o “dispara y olvida” (guiado sin necesidad de asistencia del piloto), las bombas guiadas por TV/láser/GPS; el radar de combate A-A/A-S y la completa protección electrónica contra misiles de guiado de RF e IR a través de un SAI.

La IV++ Generación, surgida de una notable mejora tecnológica en todos los sistemas electrónicos de la era digital como aviónica, asistencia al piloto basada en inteligencia artificial, comunicaciones, armamento guiado, radares de tecnología AESA<sup>86</sup>, protección electrónica de RF e IR que suman las bandas UV y láserica; nos ofrecen hoy una IV Gen. de cazas multirol

<sup>85</sup> BVR, acrónimo en inglés de Beyond Visual Range (más allá del Alcance Visual).

<sup>86</sup> AESA, acrónimo en inglés de Active Electronic Scan Radar (Radar de Escaneo Electrónico Activo)-

modernizados como el JAS-39 NG<sup>87</sup> “Gripen” recientemente incorporado por Brasil, el francés “Rafale” F4.2, los estadounidenses F/A-18E/F “Super Hornet” y F-16V “Viper”; los rusos Su-30MKI “Flanker-H” y Su-35 “Flanker-E”; y el nuevo proyecto coreano-indonesio KAI/Indonesian Aerospace KF-21 que se encuentra en un avanzado desarrollo inicial.

En la V Generación de multiroles, podemos encontrar los chinos J-20 “Mighty Dragon” y FC-31 “Gyrfalcon” y el furtivo ruso Su-57 “Felon”, en tanto los estadounidenses ya tienen operativos los F-22A “Raptor” y F-35A/B/C “Lightning II”.

Todos estos programas de aeronaves llevados por las principales potencias, además de reemplazar a los aviones de IV Gen., tienen por objetivo principal contar con una plataforma aérea militar única y estandarizada que pueda cumplir una gama muy variada de misiones aéreas “todo tiempo” tales como defensa, interdicción, bombardeo estratégico, reconocimiento, apoyo de fuego aéreo cercano y otras, gracias a la pluralidad de sensores y armamentos que incorporan.

Las aeronaves tripuladas de IV Gen. aún en servicio operativo en la mayor parte del mundo y en producción, son todavía ofertados con mejoras tecnológicas de punta que los aproximan a la IV++ Gen. de aeronaves; éstas son opciones más accesibles que los inalcanzables furtivos de V Generación, que poseen valores unitarios y de programas muy elevados.

Aunque cabe destacar a modo de conclusión, que las Aeronaves de Ataque Ofensivo Multirol que incorporan además las capacidades SEAD, deben cumplir al menos ciertos requerimientos de furtividad del tipo de la IV++, como los monomotores F-16V “Viper” y el JAS-39 NG “Gripen”, y los bimotores el “Rafale” F4.2 y el costoso Su-35 “Flanker-E”

Desde el punto de vista de los SAI, el criterio cualitativo generalizado en las fuerzas aéreas hoy, que va marcando tendencia y que creemos que deben priorizarse en un diseño de fuerzas, es la estandarización de éstos en todas las aeronaves de caza y ataque multirol. Estandarización que incluye además, los sensores (activos y pasivos), la aviónica asistida con inteligencia artificial, el bus de datos y el armamento básico guiado y no guiado; situación que se extiende a las no tripuladas.

Vista las experiencias de las principales potencias, los desarrollos tecnológicos y los diseños de fuerzas, pudimos identificar los sistemas con mayores aptitudes de Guerra Electrónica Autodefensiva basado en un SAI y de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas que ofrecen una mejor protección contra los SDA enemigos.

---

<sup>87</sup> NG, acrónimo en inglés de New Generation (Nueva Generación).

Recordando que se definimos para este trabajo un SAI, la utilizada por el Ministerio de Defensa de España (Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), 2009, p. 23) y según las tendencias sobre equipamiento estudiados en el Capítulo III podemos concluir que los requerimientos mínimos de equipamiento de Apoyo de Guerra Electrónico (AGE) para las Aeronaves Ofensivas Multirol con Capacidad SEAD a desarrollar, son:

- 1) Sistema Receptor de Alerta Radar (RWR) para atender radares, amenazas de misiles S-A (medio y largo alcance) y A-A que utilizan las RF como guiado.
- 2) Sistema Receptor de Apoyo de Guerra Electrónica ELINT (AGE/ELINT) (asociado al RWR) con capacidad “homing” para atender radares, amenazas de misiles S-A (medio y largo alcance) y A-A que utilizan las RF como guiado.
- 3) Sistema de Advertencia de Aproximación de Misiles (MAWS) basado en un receptor pasivo de banda de IR o un Alertador Radar Doppler (sensor activo) para advertir la aproximación de un misil en vuelo.
- 4) Sistema de cámaraIRST del tipo EO/IR de 360°, asociado a un láser para telemetría y seguimiento de blancos aéreos/superficie; de instalación frontal e inferior para detectar y rastrear aeronaves furtivas, misiles en vuelo y blancos de superficie.
- 5) Sistema Receptor de Alerta Láser (LWR), basado en un receptor IR/UV para detectar la iluminación por misiles de guiado láser (IR/UV) proveniente principalmente de MANPADS.

En cuanto a las medidas de Protección Electrónica (Contra Medidas), para las Aeronaves de Ataque Ofensivo Multirol estandarizadas, los requerimientos mínimos son:

- 1) Interferidores Electrónicos de RF de disposición interna, capaz de generar técnicas de ruido y engaño electrónico, contra emisiones de RF de radares, guiado de misiles y otras señales de no comunicaciones.
- 2) Señuelos de RF Remolcables del tipo activos y pasivos y no desechables, contra emisiones EM de radares de seguimiento/control de fuego (Tracking) y guiado de misiles (activo/semiactivo).
- 3) Dispensadores para lanzamiento de cartuchos de Chaff (RF) y Bengalas (IR/UV) de disposición interna, contra el guiado de misiles RF/IR/UV.
- 4) Sistemas DIRCM de láser de IR, contra misiles con guiado IR proveniente principalmente de MANPADS.

En cuanto a los sistemas específicos de Ataque Electrónico para tareas SEAD:

- 1) Dispensadores externos en pods para el lanzamiento de grandes volúmenes de cartuchos de Chaff (RF) y/o Bengalas (IR/UV) para tareas de cortinado, contra radares y guiado de misiles RF/IR/UV.
- 2) Interferidores Electrónicos de RF activos de disposición externa en pods de alta potencia para Tareas de Protección Electrónica de Escolta (de Grandes Fuerzas), de Protección de Áreas “Stand off”, capaz de generar técnicas de ruido y engaño electrónico, contra emisiones de RF de radares y guiado de misiles.

Los requerimientos mínimos antes expuestos para los sistemas de Apoyo de Guerra Electrónico (AGE), Protección Electrónica (PE), y Ataque Electrónico (AE) de las Aeronaves Ofensivas Multirol atienden al “criterio cualitativo” para alcanzar la aptitud de brindar una efectiva protección frente a todas las amenazas antiaéreas convencionales.

### **Requerimientos operativos (criterio cualitativo) de los medios aéreos ofensivos no tripulados (VANT) con capacidad SEAD a desarrollar**

Para completar la capacidad aérea SEAD de Ataque Electrónico propuesta, tenemos a los sistemas VANT Ofensivos de “escolta leal” y para cumplir el “criterio cualitativo” de alcanzar la aptitud para realizar dichas tareas, deben cumplirse las principales características:

- 1) Clase MALE<sup>88</sup>, para tareas tipo “Hunter Killer” para lanzar misiles IR con alcance estimado de 1.000 Nm y hasta 14 hs de autonomía.
- 2) Poseer un Sistema de Guiado y Control Mixto, por data link ya sea a través de una Estación de Control Terrestre o desde una Aeronave Ofensiva Multirol que cumpla el concepto de “escolta leal”.
- 3) Capacidad para lanzar bombas guiadas lásericas de hasta 250 Kg, ARM de Corto Alcance y misiles A-A del tipo BVR.

En cuanto a subsistemas de AGE para cumplir con la tarea SEAD deberán incorporar:

- 1) Sistema Receptor de Apoyo de Guerra Electrónica ELINT (AGE/ELINT) para detectar radares, amenazas de misiles S-A (medio y largo alcance) y A-A que utilizan las RF como guiado.
- 2) Sistema de Advertencia de Aproximación de Misiles (MAWS) basado en un receptor pasivo de banda de IR, para detectar amenazas MANPADS.

---

<sup>88</sup> Ibid. 81.

En cuanto a los subsistemas de Ataque Electrónico embarcados para tareas SEAD deberán contar con los siguientes requerimientos mínimos:

- 1) Interferidor Electrónicos de RF activos de disposición interna, capaz de generar técnicas de ruido y engaño electrónico contra emisiones de RF de radares y guiado de misiles.
- 2) Sistemas DIRCM (Directed IR Countermeasures) de láser de IR, contra misiles con guiado IR proveniente principalmente de MANPADS.
- 3) Señuelos de RF Remolcados del tipo activos y pasivos y desechables, contra emisiones de radares de seguimiento/control de fuego (tracking) y guiado misil.
- 4) Dispensadores externos en pods para el lanzamiento de cartuchos de Chaff (RF) y/o Bengalas (IR/UV) para tareas de sembrado de señuelos contra radares y guiado de misiles RF/IR/UV.

En cuanto a los sistemas VANT para tareas de “Diversión” y “Ataque” del tipo “merodeador” contra emisiones de RF, deben cumplir las principales características:

- 1) Clase MALE autónomo con alcance estimado de 350 Nm y 3 horas de vuelo.
- 2) Contar con un Sistema de Guiado y Control Mixto, ya sea a través de una Estación de Control Terrestre (data link) y/o Guiado Autónomo Programable por GPS, y además del Seguimiento Terminal Pasivo (Homing) para señales de RF.
- 3) Que el guiado desde la Estación de Control Terrestre/ Programable por GPS, permita la recuperación a aeródromos propios y su reutilización.
- 4) Carga explosiva de alto poder (con submunición) con espoleta de proximidad automática o manual para atacar blancos blandos (radares y de comunicaciones).
- 5) En la configuración “merodeador”, debe contar con un Sistema Receptor de Apoyo de Guerra Electrónica ELINT (AGE/ELINT) para detectar radares, amenazas de misiles S-A (medio y largo alcance) y A-A guiado con de RF.

### **Requerimientos operativos (criterio cualitativo) de Misiles Antirradiación (ARM)**

En cuanto al armamento específico ARM se sugiere el empleo de tres tipos; en primer término, con el objeto de atacar sistemas SAM de corto alcance para ser embarcados en VANT clase MALE en configuración A-S. Un segundo, especialmente para FFEE que pueda ser lanzado por una persona desde su hombro de similar manera que un MANPADS; en tanto que la tercera propuesta, es un misil A-S convencional de gran porte con capacidad de largo alcance para batir sitios SAM y radares de mediano y largo alcance de forma “stand off”.

Los ARM sugeridos para tareas SEAD de aeronaves tripuladas, VANT Clase MALE y uso de FFEE que completan la capacidad SEAD bajo el criterio cualitativo son los siguientes:

- 1) Misil Anti-radiación: de guiado pasivo (homing) en configuración A-S de corto alcance (rango sugerido no sea superior a las 15 a 20 Nm) para ser montadas en VANT y aeronaves tripuladas contra radares de misiles SAM.
- 2) Misil Anti-radiación: de guiado pasivo (homing) en configuración S-S de muy corto alcance (rango sugerido no sea superior a las 3 a 5 Nm) para ser lanzados desde el hombro por un solo operador de FFEE contra radares.
- 3) Misil Anti-radiación: de guiado pasivo (homing) en configuración A-S de largo alcance (rango sugerido no inferior a 90 a 95 Nm) para aeronaves tripuladas, contra radares de SAM de mediano y largo alcance y de Alerta Temprana.

### **Las tareas J-SEAD de las Fuerzas Especiales**

Conjuntamente en materia J-SEAD, las FFEE juegan un rol importante contra las defensas aéreas enemigas, ya que pueden ser empleadas para instalar interferidores fijos o montados en pequeñas plataformas no tripuladas, guiar en territorio enemigo a las armas aéreas inteligentes (como bombas guiadas por láser), a los VANT con armas anti-radares o convencionales contra las lanzaderas de misiles y/o la artillería de tubos que conforman el SDAI enemigo.

En definitiva, las FFEE conjuntas deben alcanzar la aptitud de buscar, detectar, identificar, seguir, guiar fuegos (de superficie y aéreos), interferir, destruir con armamento específico (fusiles de precisión, misiles IR, etc.) o especial (misiles de hombro ARM).

Además deben estar aptas para evaluar daños de los componentes del SDAI (sensores, aeronaves, puestos de comando y armas) en territorio enemigo, en forma coordinada con los responsables de planificar, organizar y desarrollar las tareas SEAD a través de:

- 1) Operaciones de acción directa sobre el SDAI del enemigo como Ataque Electrónico (interferencia y/o engaño), degradación, destrucción y análisis de daño de los subsistemas fijos y móviles que lo componen.
- 2) Acciones indirectas (o de apoyo) en tiempo real para buscar, detectar e identificar EO/IR o con AGE, seguir, informar/comunicar, guiar fuegos (de superficie y aéreos) contra los componentes del SDAI enemigo.

La capacidad de Reconocimiento EO/IR y/o AGE y de Ataque Electrónico de la FFEE debe potenciarse con el uso de VANT de pequeño porte que dispongan de dicha capacidad.

## **Dimensionamiento de una posible Amenazas Genéricas por enfrentar - características cuanti-cualitativas**

Para mensurar la capacidad SEAD, se ha optado por un análisis de “Juicio por Incertidumbre” que permite modelizarse a través del MMP planteado inicialmente, donde pueden incluirse las variables probabilísticas propias de un modelo de SDAI (como Subcapacidad Militar de Defensa Antiaérea Integrada) con hasta tres tipos de misiles antiaéreos como el utilizado en el primer análisis del Conflicto del Atlántico Sur (Caso Testigo).

La primera Amenaza Genérica (AG) estimada para contrastar probabilísticamente y dimensionar la capacidad SEAD en cuestión, es una Potencia Militar de Ultramar (Tipo II) mientras que la segunda, es una Amenaza Militar Continental Regional (Tipo III). Se dejaron de lado las amenazas Tipo I (Superpotencia Militar de Alcance Global) limitada a EEUU, Rusia y China; y la Tipo IV (Regional de Baja Capacidad Militar) con el objeto de no sobrestimar, ni subestimar la capacidad SEAD planteada.

A través de una estimación cuali-cuantitativa (ver Anexo 10), la primera AG es una moderna y poderosa Fuerza de Tarea Expedicionaria Aeronaval compuesta por una escolta de destructores misilísticos antiaéreos y fragatas antisubmarinas, ambos con defensas antiaéreas de área y puntual respectivamente, que conforman parte de la “Subcapacidad de Defensa Antiaérea Integrada”. El núcleo de la flota Tipo II se compone de 2 buques de Desembarco Anfíbio con un sistema de defensa aérea puntual por nave, y 1 Portaviones convencional con capacidad de transportar y operar un Grupo Aéreo embarcado, dotado de 48 aeronaves Multirol Furtivas de V Gen. (4 Escuadrones con 12 aviones) (Allison, 2017).

La flota naval Tipo II, basa la “Subcapacidad de Defensa Antiaérea Integrada” en sus 7 naves principales, 1 Portaviones (convencional) y 6 destructores misilísticos equipados y estandarizados cada una con un radar Alerta Temprana Multifunción (S-A y S-S; tipo “AESA Sampson”) y un segundo radar mixto de Alerta Temprana Aérea y Control de Fuego (tipo Thales 1850M), ambos con alcances de hasta 220 Nm y asociados a 48 misiles SAM de guiado radáricos con lanzadores del tipo VLS (Sistema de Lanzamiento Vertical) y de disparo múltiple (tipo “Aster 30”) que poseen un alcance contra blancos aéreos de hasta 64 Nm.

El resto de las unidades navales, 16 fragatas multipropósitos y 2 buques de Desembarco Anfíbio, están protegidos por un sistema de Defensa Aérea Puntual estandarizado, basado en un SAM VLS de 15 Nm (tipo “Sea Ceptor”), se encuentra asociado a los radares mixtos de Alerta Temprana Aérea y Control de Fuego 3D de 110 Nm (tipo “Artisan”); según el prototipo

de nave pueden equipar entre 32 y 48 SAM listos para su entrada en combate. La Alerta Temprana Aérea y Control de Fuego antiaéreo embarcada de largo y mediano alcance están a cargo de 48 radares y más de medio centenar de sistemas automáticos ELOP para AAA y anti-superficie.

El Grupo Aéreo Embarcado posee capacidades de Ataque a Tierra, Reconocimiento, Defensa y Superioridad Aérea. Las aeronaves obedecen a un muy homogéneo y estandarizado diseño de fuerzas, dotadas de armas inteligentes, SAI (RF/IR/UV) con múltiples sensores con 360° de cobertura, interferidores externos Stand off de interferencia y engaño, lanzadores externos de chaff/flare, un radar multifunción de barrido electrónico de alto rendimiento contra interferidores activos (tipo APG-81) con un alcance efectivo entre 100 y 110 Nm (p/blanco de 5m<sup>2</sup>), reabastecimiento en vuelo y capacidad de apuntaje en portaviones.

Para el rol de Defensa y Superioridad Aérea de la “Subcapacidad de Defensa Antiaérea Integrada”, están equipados con hasta 6 misiles de guiado radar (tipo AIM-120 AMRAAM) de 85 Nm; para rangos cortos utiliza 2 misiles IR (tipo AIM-9X “Sidewinder”) de 22 Nm.

En cuanto a los medios AEW&C, puede desplegar hasta 4 aeronaves con una autonomía transcontinental de hasta 11 horas de vuelo y un radar de 240 Nm de rango instrumentado, poseen además capacidad de reabastecimiento en vuelo.

En definitiva, la “Subcapacidad de Defensa Antiaérea Integrada” de la AG Tipo II de la Flota está dada, por los misiles de guiado radar BVR (tipo AIM-120 AMRAAM) de 85 Nm de los aviones Multirol; y los SAM embarcados de lanzamiento múltiple VLS y guiado radar activo de 65 Nm (tipo “Aster 30”) y de 15 Nm (tipo “Sea Ceptor”).

Las Fuerzas Terrestres pueden desembarcar 2 radares de Alerta Temprana Aérea 3D de largo alcance de 240 Nm, 3 de Alerta Temprana de AAA de 62 Nm, 72 lanzadores triples de MANPADS IR de 3 Nm y 20 vehículos a oruga con lanzadores óctuples de MANPADS de igual rango. En cuanto los sistemas SAM de las Fuerzas Terrestres y de la Flota suman un total de 119 lanzaderas (27 navales y 92 terrestres) de largo, mediano y corto alcance de última generación tanto de seguimiento radar como IR/UV. Las armas de tubo de la Flota suman 107 piezas de entre 114, 30 y 20 mm, de los cuales 35 son CIWS de 20 mm.

En referencia a la “Subcapacidad de Defensa Antiaérea Integrada” de la Amenaza Militar Continental Regional (Tipo III) estimada, posee una fuerza heterogénea con 83 aviones multirol monomotores para tareas de Defensa y Superioridad Aérea; 47 son cazas de III Gen. estandarizados con hasta 2 misiles radáricos (tipo “Derby”) de 27 Nm y 2 misiles IR (tipo “A-Darter”) de 14 Nm y 36 aeronaves de IV++ Gen. que pueden portar 6 misiles radáricos (tipo AIM-

120 AMRAAM) de 85 Nm y 2 IR (tipo IRIS-T) de 18 Nm. Todas poseen un completo SAI (RF/IR/UV) y pods Stand off de interferencia y engaño.

Amenazas Genéricas - Sistemas de Defensa Aéreo Integrado	Amenaza Tipo III (Reg./Continental)	Amenaza Tipo II (Ultramar)
SISTEMAS DE DEFENSA Y SUPERIORIDAD AÉREA	83	48
SIS. ALERTA TEMP., SEGUIM. Y CTRL ARMAS AÉ. Y AA	100	105
ARMAS ANTIAEREAS - MISILES	156	119
ARMAS ANTIAEREAS - ARMAS DE TUBO	134	107

Fuente: elaboración propia.

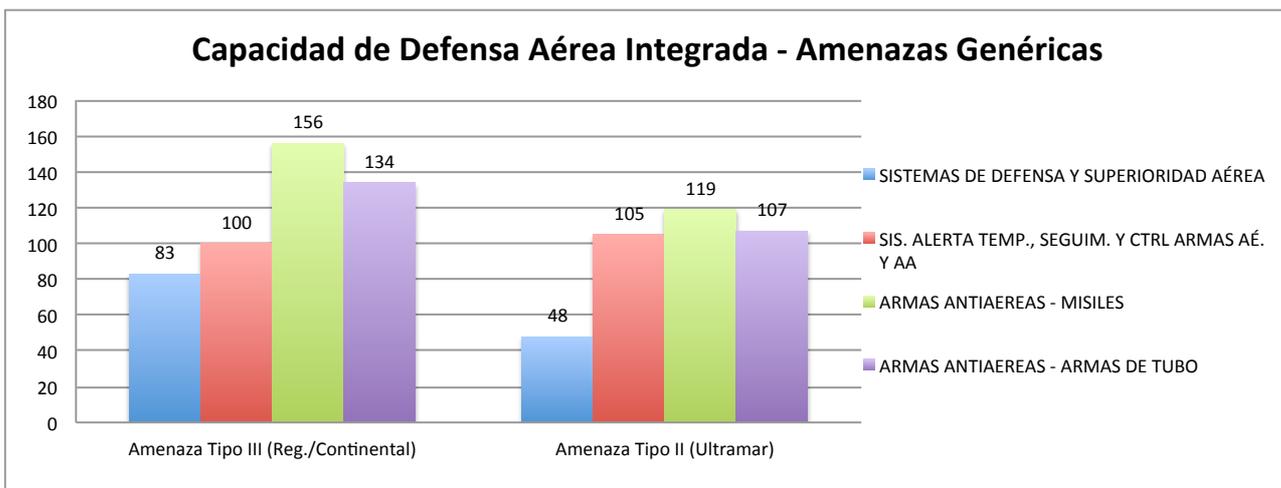


Ilustración N° 13: Capacidad de Defensa Aérea Integrada - Amenazas Genéricas.

La defensa aérea continental de la AG Tipo III está conformada por 17 estaciones terrestres fijas con radares de Alerta Temprana 2D de 220 Nm, 6 equipos 2D de 80 Nm de rango y 3 transportables de Alerta Temprana 3D de 240 Nm. Las coberturas de las estaciones se encuentran solapadas e integradas a un centro nacional de Comando de Defensa Aérea que se complementan con 5 aviones AEW&C con un radar 3D de 200 Nm de alcance y 5 horas de autonomía.

El núcleo de Flota de Mar de la AG Tipo III la componen, un buque Anfibio-Portahelicópteros sin capacidad de despegar aviones de ala fija y un buque de Asalto Anfibio.

La Defensa Aérea de la Flota del tipo puntual, está a cargo de 2 Fragatas Multirol con un radar Alerta Temprana Aérea 2D de 110 Nm asociado a 2 radares de Control Fuego de 60 Nm que guían 2 lanzaderas SAM séxtuples (tipo GWS-25 “Sea Wolf”) semiactivos de 5,4 Nm. Además 5 Fragatas Multipropósito con un moderno radar Alerta Temprana Aérea 3D (tipo RAN-20S) de 130 Nm de rango, asociados a 2 radares Control de Fuego de 20 Nm (tipo RTN-30X “Orion”) que guían un lanzador séxtuple de SAM semiactivos (tipo “Aspide” Mk.1) de 3,5 Nm.

El buque de Asalto Anfibia está defendido por 3 lanzadores dobles de misiles IR MANPADS de 3 Nm de rango. El resto de la veterana flota la componen, 1 Corbeta Antisubmarina y 3 Patrulleros Oceánicos, todos dotados con defensa AA basada en cañones.

Las Fuerzas Terrestres aportan hasta 33 radares de Alerta Temprana de AAA de alcance medio para asistir hasta 147 unidades lanzadoras MANPADS monotubo/bitubos. La Flota posee 5 cañones de 114 mm y 29 armas de 40, 30 y 7,62 mm. Las armas de tubo terrestres suman 100 piezas, 70 cañones dobles de 35 mm asociados a un radar de Control de Fuego de 10 Nm de rango montados sobre vehículos a orugas /ruedas, además de 30 piezas de 40 mm de guiado visual.

### **Dimensionamiento (criterio cuantitativo) de la futura capacidad aérea SEAD**

Atendiendo al “criterio cuantitativo” de análisis de una Capacidad Militar del “juicio por escenarios” y respondiendo al criterio de “Capacidad Suficiente<sup>89</sup>” (CS), definido en el Manual de Procedimientos para el Planeamiento Estratégico Militar (PC-20 09), vamos a estimar el dimensionamiento de la Fuerza de Aeronaves Ofensivas Conjunta (FAOC) con capacidad SEAD a desarrollar.

Estimación que haremos a través de una variación matemática del MMP original, pero ahora el modelo está basado en la variable “Tasa de Atrición Total de la Defensa Aérea enemiga (Pkt)” para obtener el número de aeronaves, reestimando todas las variables para que se aproximen a los “criterios cualitativos” atinentes a la calidad y efectividad del SDAI de la AG Tipo II seleccionada.

El variado y redefinido MMP parte de la hipótesis que la FAOC cuenta con modernos sistemas de GE y capacidad de misiles ARM, que nos obliga a la reconsideración de las probabilidades de efectividad de los sistemas de Protección y Ataque Electrónico, haciéndolos más efectivos. También se mejoraron las probabilidades de derribo de los sistemas de defensa aérea de la AG Tipo II, que nos aproxima más a un escenario acorde a las nuevas realidades tecnológicas y a posibles altas Tasa de Atrición (ver Anexo 6) de un moderno SDAI.

Recalculada la Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la DA (Pkt), el nuevo MMP se puede ajustar por despeje de variables, hasta determinar la magnitud o cantidad de Aeronaves Ofensivas en función de una ATRICIÓN TOTAL de la DA (Pkt), condicionado a los supuestos de 2,5 Salidas de Combate por máquina y a 20 Días de Operación, estimados para la Campaña Aérea a enfrentar.

---

<sup>89</sup> Capacidad Suficiente: debe entenderse como la mínima organización que en forma sistémica posea todos los atributos que le permitan desarrollar en forma autónoma las aptitudes definidas en el criterio cualitativo (EMCO de las FFAA, 2018, p.13).

Considerando que por usos y costumbres para el Componente Aeroespacial, la mínima unidad orgánica que reúne en forma autónoma todas las aptitudes (medios y personal) definidas en el “criterio cualitativo” es el “Escuadrón Aéreo”, vamos a definirlo como la CS. Tradicionalmente en la FAA, un escuadrón lo conforman entre 10 y 15 aparatos, por lo que utilizaremos un escuadrón tipo de 12 aviones como CS para medios tripulados como no tripulados.

La FAOC que cumpla los Requerimientos Operativos mínimos necesarios con capacidades SEAD a desarrollar que estamos proponiendo, es a través de tres tipos de Sistemas de Armas que individualmente conforman la CS:

- 1) Escuadrón de Aeronaves (IV++/V Generación) Tripuladas Ofensivas Multirol estandarizadas con SDAI y Capacidades SEAD.
- 2) Escuadrón de VANT Ofensivos Clase MALE para tareas tipo “Hunter Killer” estandarizadas con SDAI y Capacidades SEAD
- 3) Escuadrón de VANT Clase MALE para tareas de “Diversión y Ataque SEAD” del tipo “merodeador” contra emisiones de RF.

En principio la CS propuesta para los tres tipos de sistemas a desarrollar con carácter conjunto, requiere la incorporación mínima inicial de Escuadrones para la FAA y AVN de:

<b>Dimensionamiento cuantitativo de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidades SEAD - Capacidad Suficiente (CS).</b>				
<b>Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta</b>	<b>Sistemas de Armas con Capacidades SEAD</b>	<b>Fuerza</b>	<b>Capacidad Suficiente (CS)</b>	
			<b>Cant. De Escuadrones</b>	<b>Total de Aeronaves</b>
	Ae. Multirol de IV++/V Gen.	FAA	1	12
		AVN	1	12
	VANT Clase MALE "Hunter Killer"	FAA	1	12
		AVN		
VANT Clase MALE Div. y Ataque tipo "Merodeador"	FAA	1	12	
<b>Totales</b>			<b>4</b>	<b>48</b>
Nota: elaboración propia.			<b>Incorporación Dotación Mínima Inicial</b>	

Ilustración N° 14: Dimensionamiento cuantitativo de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidades SEAD - Capacidad Suficiente (CS).

A causa de que la propuesta involucra a la FAA y la AVN, es necesario que cada fuerza posea como mínimo un escuadrón operativo de Aeronaves Tripuladas Ofensivas Multirol (IV++/V Generación) estandarizadas con SAI y Capacidades SEAD dada las diferentes y diversas Subcapacidades que cada una desarrolla con aeronaves de ala fija tripuladas.

Como la FAA es la fuerza más relevante dentro del Componente Aeroespacial proponemos inicialmente que sea ésta la que deba dotarse de los primeros escuadrones de VANT

Ofensivos Clase MALE para tareas “Hunter Killer” y de “Diversión y Ataque SEAD” del tipo “merodeador”. La CS suma en total 4 escuadrones con 48 aeronaves tripuladas y no tripuladas.

Partiendo de la base de las CS de la FAA y AVN adquirida inicialmente y con un criterio de “Crecimiento Sistémico Modular” (CSM) basado en “escuadrones” que permitan en principio desarrollar y completar la “Fuerza Activa Sustancial<sup>90</sup>” (FAS) de la FAOC con capacidad SEAD debemos preguntarnos, luego de activada la “Alerta Estratégica”, ¿qué dimensionamiento deberá tener la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidad SEAD para alcanzar la “Fuerza Activa Sustancial”?

Como ahora la incógnita de nuestro “MMP Futuro” no es la FUERZA REMANENTE luego de n Misiones (Nr), sino la dotación inicial o FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles (N), debemos determinar un porcentaje de Aeronaves PERDIDAS (o alternativamente el Número de Aeronaves PERDIDAS (C)) que representan los “costos” máximo a asumir o a tolerar por el planeamiento del Nivel Estratégico Militar (EMCO) para el diseño de fuerza de la FAOC en futuras tareas SEAD. Además de determinar a priori la Fuerza Remanente Deseada al fin del conflicto.

Establecido el porcentaje de pérdidas, obtenemos ahora a la nueva Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la DA (Pkt) del SDAI de la AG Tipo II, atrición que representa el “riesgo” a la que la propia fuerza se enfrentará a una moderna fuerza en oposición (ver Anexo 8).

Determinada a priori una Fuerza Remanente Deseada de 81 Ae. y una pérdida máxima de hasta el 15% de la FAS, confrontamos ahora cuali-cuantitativamente el diseño propuesto de la FAOC con capacidades SEAD y la moderna AG Tipo II para los Escenarios N° 2 y N° 3 del nuevo MMP; llegamos a las tasas de atrición de 0,98 y 0,33% para cada escenario y obtenemos la dotación inicial (Nr) de Fuerza Activa Sustancial (FAS) a alcanzar presentados en la Ilustración N° 15.

REDEFINICION DEL MODELO MATEMATICO PROBABILISTICO DE DEFENSA AÉREA INTEGRADA DEL TIPO CONVENCIONAL (ESCENARIO ACTUAL)		Escenario N° 2	Escenario N° 3	Escenario Actual: conflicto de 20 días de duración con 2,5 Salidas de Combate, enfrentando una <b>Amenaza Genérica Tipo III - Potencia Militar de Ultramar</b> que despliega de una Fuerza de Tarea Expedicionaria Aeronaval. Escenario Predominante: Aeromarítimo.	
RESUMEN DE LOS RESULTADOS FINALES DEL MMP		C/GE	C/GE + SEAD		
<b>DATOS INICIALES:</b>					
PROMEDIO SALIDAS DE COMBATE POR AERONAVE	n	50	50		
FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles:	N	132	96	<b>Fuerza Activa Sustancial (FAS)</b>	
<b>RESULTADOS OBTENIDOS:</b>					
Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la D.A.:	Pkt'	0,98%	0,33%	<b>Nueva Atrición (Pkt)</b>	<b>Esc. N° 2</b> <b>Esc. N° 3</b>
Número de Aeronaves PERDIDAS	C'	51	15	<b>Costo Asumido</b>	<b>39%</b> <b>15%</b>
PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES:	Qn'	61,3%	84,6%		
FUERZA REMANENTE luego de n Misiones:	Nr'	81	81		
Número de Aeronaves SALVADAS	Nr'-Nr	81	81		
Total de Salidas de Combate Posibles	np	6.611	4.785	Fuente: elaboración propia sobre la base del Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada del tipo convencional.	
Salidas De Combate Exitosas	ne	4.050	4.050		
% de Salidas De Combate Exitosas	%ne	61%	85%		
FACTOR DE MULTIPLICACION DE LA G.E.	M'	1,00	1,00		

<sup>90</sup> Fuerza Activa Sustancial: es la que engloba todas las capacidades específicas necesarias para las actividades institucionales (EMCO de las FFAA, 2018, p.13).

Ilustración N° 15: Redefinición del Modelo Matemático Probabilístico de Defensa Aérea Integrada del tipo convencional (Escenario Actual).

Los valores de dotación inicial (Nr) obtenidos para el Escenario N° 2 (C/GE) fueron de 132 aeronaves totales para enfrentar el SDAI de la AG Tipo II, de los cuales a la Pkt de 0,98% de atrición, las pérdidas ascienden a 51 aparatos derribados por la defensa aérea enemiga que representan el 39% de la bajas por no realizar ataques SEAD con ARM; situación que excede el criterio del 15% establecido a priori. Las Salidas de Combate alcanzan al 61% de lo previsto.

En tanto, **a una tasa del 0,33% de atrición, nuestro diseño de fuerza alcanza una dotación inicial de 96 aeronaves como máximo para la FAS**, perdiendo ahora 15 aeronaves, pero cumpliendo el “Riesgo Asumido” de no superar el 15% de pérdidas con solo agregar las operaciones SEAD con armamento ARM. Ahora con menor cantidad de aeronaves se podrían cumplir hasta el 85% de las Salidas de Combate.

En función de la necesidad de una Fuerza Activa Sustancial de 96 aparatos, bajo las condiciones establecidas en el MMP utilizado y partiendo de la CS propuesta; y luego que se active la “Alerta Estratégica”, la conformación de la FAS planteada, sumando el Crecimiento Sistémico Modular (CSM<sup>91</sup>) es la siguiente:

<b>Dimensionamiento cuantitativo de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidades SEAD - Fuerza Activa Sustancial (FAS)</b>								
Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta	Sistemas de Armas con Capacidades SEAD	Fza.	Capacidad Suficiente (CS)		Crecimiento Sistémico Modular (CSM)		Fuerza Activa Sustancial (FAS)	
			Cant. de Escuad.	Total de Aeronaves	Cant. de Escuad.	Total de Aeronaves	Cant. de Escuad.	Total de Aeronaves
	Ae. Multirol de IV++/V Gen.	FAA	1	12	2	24	3	36
		AVN	1	12			1	12
	VANT Clase MALE "Hunter Killer"	FAA	1	12	1	12	2	24
		AVN			1	12	1	12
	VANT Clase MALE Div. y Ataque t/"Merodeador"	FAA	1	12			1	12
<b>Totales</b>			<b>4</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	<b>48</b>	<b>8</b>	<b>96</b>
Nota: elaboración propia.			<b>Incorporación Dotación Mínima</b>		<b>Incorporación C/Alerta Estratégica</b>		<b>Estado Final Deseado de la FAOC</b>	

Ilustración N° 16: Dimensionamiento cuantitativo de la Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta (FAOC) con capacidades SEAD - Fuerza Activa Sustancial (FAS).

El dimensionamiento cuantitativo de nuestro diseño (basado en el MMP como herramienta) para alcanzar la FAS de la FAOC con capacidad SEAD es de: 4 Escuadrones (1 AVN y 3 FAA) de Aeronaves Multirol Ofensivas Tripuladas (IV++/IV Gen.) con 48 aparatos; 3 Escuadrones de VANT Ofensivos Clase MALE para tareas tipo “Hunter Killer” con 36 aviones, y 1

<sup>91</sup> Crecimiento Sistémico Modular: es el criterio que establece una mayor ponderación a los mínimos sistémicos de cada sistema de fuerzas, medios o armas, capaces de lograr una capacidad operativa, de modo escalable en el tiempo (EMCO de las FFAA, 2018, p.17).

Escuadrón de VANT Clase MALE para tareas de “Diversión y Ataque SEAD” del tipo “merodeador” contra las emisiones de Radiofrecuencia con 12 sistemas (FAA).

Las FFEE no fueron dimensionadas, dado que responden en principio a otra Subcapacidad Militar y a otra lógica de despliegue y distribución estratégica propio de un “Sistema de Fuerzas” que exceden los límites de este trabajo.

### **La posible distribución estratégica de los medios con capacidad SEAD (propuesta)**

En virtud que la localización de medios estratégicos merecen un pormenorizado y profundo estudio a nivel de Estado Mayor, sólo para este trabajo académico presentaremos una propuesta centrándonos solo en una posible distribución de la FAOC con capacidades SEAD, compuesta por los tres Sistemas de Armas presentados que están directamente involucrados en la esfera de la Guerra Electrónica y especialmente en la SEAD con su posibilidad de “Hard Kill”, medios que son considerados por la mayoría de las FFAA occidentales, activos militares de Alto Valor Estratégico (AVE) desde el punto de vista operacional, además de sus altos costos de obtención y operación.

Estos activos de AVE que deben ser especialmente protegidos merecen un estudio de distribución que tengan como propósito: maximizar la protección, el adiestramiento conjunto y el sostenimiento logístico; reducir los “costos del adiestramiento” desde la paz y además aprovechar la actual capacidad instalada de las FFAA.

Atendiendo a los criterios autoimpuestos de localización la Capacidad Suficiente (CS) para la FAOC, podemos encontrar sólo un área común que utiliza actualmente la Fuerza Aérea y la Armada Argentina, dentro de la cual existen cuatro bases aéreas que se encuentran hoy activas.

Estas son la VI Brigada Aérea con sede en proximidades de la Ciudad de Tandil, la Base Aérea Militar “Mar del Plata”, ambas de la FAA y las Bases Aeronavales “Comandante Espora” colindante a Bahía Blanca y “Almirante Zar” en inmediaciones de Trelew (Pcia. de Chubut) (ver Ilustración N° 17), las cuatro bases conforman un núcleo importante para gestar la CS.

De las cuatro unidades aéreas que quedaron en el área analizada, solo dos por su capacidad de recibir y sostener escuadrones, están en condiciones de alojar la CS de las aeronaves multirol (IV++/IV Gen.); la VI Brigada Aérea que puede acoger perfectamente los 12 aparatos del primer escuadrón y los 12 aparatos VANT Clase MALE “Hunter Killer” con capacidad SEAD de la FAA; en tanto que la Base Aeronaval “Comandante Espora” podría recibir al primer escuadrón de aviones multirol de la AVN.

La ubicación propuesta para el único y primer Escuadrón de VANT Clase MALE de Diversión y Ataque tipo "Merodeador" que completan la CS de la FAA, es la Base Aérea Militar "Mar del Plata" que posee capacidad suficiente para alojar los 12 vehículos.

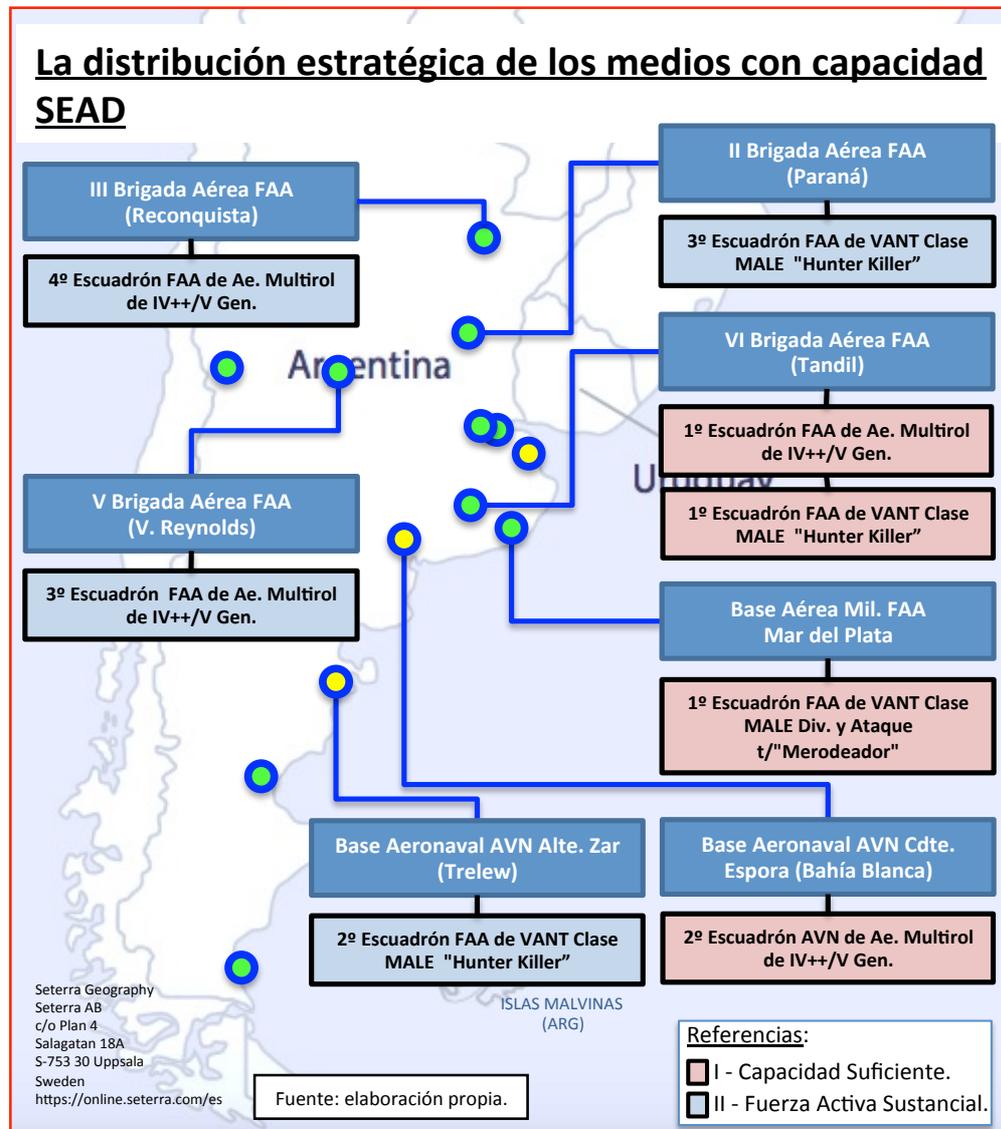


Ilustración N° 17: La posible distribución estratégica de los medios con capacidad SEAD (propuesta).

Esta primera propuesta de distribución geográfica de la Capacidad Suficiente – CS de la Capacidad SEAD se basa en los siguientes aspectos positivos como:

- 1) Simplificar el adiestramiento conjunto y el desarrollo de tácticas operativas y facilitar así la evolución de nueva doctrina J-SEAD.
- 2) Maximizar la interoperabilidad de aeronaves y armamento estandarizado.
- 3) Favorecer el conocimiento y la evolución tecnológica de nuevos aviones, armas guiadas y equipos de GE.

- 4) Posibilitar el despliegue conjunto integral en ambientes EM denso y espacios aeroterrestres y aeromarítimos (por cercanía a la Flota de Mar de la ARA).
- 5) Unificar los cursos de capacitación y perfeccionamiento de las tripulaciones y del personal de mantenimiento técnico y logístico.
- 6) Simplificar la cadena logística de aeronaves, equipos de GE y armamento.
- 7) Posibilitar la centralización y unificación del Tercer Escalón de Mantenimiento de las aeronaves, sistemas de GE y de armamento (especialmente misiles).
- 8) Posibilidad de integrarse (medios materiales y humanos) en forma conjunta en una sola unidad operativa en situaciones especiales, sin detrimento de la eficacia operativa; además de completar dotaciones de personal con el de otra fuerza.

Alcanzada y adiestrada la CS y luego de activada la Alarma Estratégica para completar el CSM que nos lleve a completar la Fuerza Activa Sustancial; la FAA puede distribuir los 2 Escuadrones restantes de aeronaves multirol (IV++/IV Gen.) en las actuales V Brigada Aérea ubicada en Villa Reynolds (Pcia. de San Luís) y en la III Brigada Aérea asentada en cercanías de la Ciudad de Reconquista (Pcia. de Santa Fe).

En tanto el escuadrón restante de 12 aviones VANT Clase MALE “Hunter Killer” de la FAA podría establecerse en la II Brigada Aérea de Paraná (Pcia. de Entre Ríos).

La Base Aeronaval “Almirante Zar” en inmediaciones de Trelew posee cabida suficiente para alojar perfectamente, el único escuadrón VANT Clase MALE “Hunter Killer” de la AVN que completa finalmente la FAS del diseño de fuerza propuesto.

### **Respuesta a la pregunta de investigación, alcance y comprobación de la hipótesis planteada**

Dando respuesta a la pregunta de investigación sobre la problemática planteada referida a ¿Qué capacidades de SEAD debería generar el Instrumento Militar de la Nación, para contribuir en la preservación y protección del Componente Aéreo conjunto ante las amenazas de armas antiaéreas?, podemos afirmar que ha se podido responder y desarrollar íntegramente con la metodología propuesta en la parte introductoria de este trabajo.

Esto nos permitió en el primer capítulo conocer, a través de una trayectoria histórica desde la IIGM hasta la Guerra del Líbano de 2006, la naturaleza actual de los SDAI y además entender la importancia de la “Tasa de Atrición” como factor desequilibrante en la batalla por la superioridad aérea. Cumpliendo así con los dos primeros objetivos parciales de conocer dicha tasa

en los teatros de operaciones aeroespaciales actuales; y además determinar la naturaleza, características y peligrosidad de las armas antiaéreas en un conflicto convencional.

El estudio realizado sobre la forma reactiva en que actuaron las principales potencias mundiales desde la Guerra de Vietnam hasta los inicios de la década del 80 y de manera planificada desde la Batalla del Valle del Bekaa hasta la actualidad, nos permitió alcanzar el objetivo parcial de comprender como la aplicación de técnicas de Guerra Electrónica y de supresión de defensas minimizan la atrición y preservan la fuerza contra los SDAI.

El Modelo Matemático Probabilístico (MMP) de Defensa Aérea Integrado donde se modelizó el CAS de 1982 en el capítulo dos; nos ayudó a arribar al tercer objetivo parcial propuesto de poder calcular la Tasa de Atrición aérea de un SDA en un caso testigo; y conocer numéricamente las diferentes situaciones planteadas y sobre cómo, con medios idóneos, se puede influir sobre dicha tasa y por medio de ella sobre el resultado final de la batalla por la Superioridad Aérea con la aplicación de adecuadas medidas de Guerra Electrónica y SEAD.

En el tercer capítulo, con el estudio de la evolución histórica, se logró en primer lugar identificar los sistemas de Guerra Electrónica y de SEAD que ofrecen actualmente la mejor protección a las fuerzas aéreas, en tanto que el análisis sobre la evolución y vigencia de las doctrinas de conducción de las operaciones SEAD en EEUU, Rusia y la OTAN nos permitió comprender el uso y nivel de ésta doctrina que influyen sobre el diseño de fuerzas; alcanzándose así los últimos dos objetivos parciales propuestos.

Lo desarrollado en los tres capítulos iniciales nos permitió en el capítulo final, y en correspondencia con el interrogante planteado en el presente trabajo, cumplir con el principal objetivo propuesto de determinar los factores de planeamiento para desarrollar desde cero una nueva capacidad de SEAD, donde pudimos establecer el tipo, composición, dimensión, equipamiento y calidad de los medios presentados.

Una leve modificación en el Capítulo IV del MMP fue la herramienta diseño para determinar la magnitud inicial de la capacidad SEAD. La magnitud inicial, mensurada en cantidad de Escuadrones Aéreos, es entendida en nuestro Planeamiento Estratégico Militar como la “Capacidad Suficiente” en un diseño de fuerzas. La proposición cuantitativa del diseño formulado alcanza también a los escuadrones necesarios para luego, conformar gradualmente la “Fuerza Activa Sustancial” que completa la Capacidad SEAD de carácter conjunto y que forma parte del Área de Capacidad N° 5 - Operaciones Asociadas a la Misión Principal (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2018, p. 15).

Para completar los objetivos trazados, finalmente se realizó una proposición sobre una posible distribución estratégica de los medios SEAD basada y centrada inicialmente en aspectos que acompañan el Accionar Militar Conjunto de la “Capacidad Suficiente”, y que adiciona una propuesta de expansión orgánica y geográfica que escolta el dimensionamiento paulatino que completa la FAS de la capacidad aérea SEAD.

La solidez y fortaleza de este trabajo se sustentó en que los análisis históricos de carácter teórico fueron sostenidos a través del MMP que nos brindó estadísticamente un rango de variabilidad de la Tasa de Atrición Aérea, desde condiciones de total desprotección electrónica a una protección más efectiva con un completo SAI y aplicación de medidas duras SEAD con ARM.

El modelo inicialmente planteado para el caso testigo, se modificó para llevarlo a un escenario más actualizado y realista contra amenazas con mayores tasas de derribo, que prevé también el uso de un moderno SAI con mayor protección, además de un ARM con posibilidades mejoradas para batir un SAM.

La metodología inicialmente presentada junto a los objetivos parciales planteados y al MMP utilizado en las condiciones matemáticas propuestas, conformaron un núcleo teórico-práctico que da validez a la respuesta de la pregunta de investigación que sustentó la hipótesis de trabajo a través del diseño propuesto de una Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta con Capacidad SEAD con una determinada aptitud.

### **Consideraciones finales sobre la Capacidad Aérea SEAD**

Desde lo doctrinario podemos concluir que la supremacía por el control del EEM es condición necesaria pero no suficiente para alcanzar la superioridad aérea; en tanto que el control físico y electrónico sobre los medios aéreos y antiaéreos del enemigo a través de las operaciones SEAD, completan la condición de suficiencia para alcanzarla, por el grado de amenaza que implica para la libertad de acción de nuestro Componente Aéreo.

El estudio propuesto bajo el método empírico-analítico (Anexo 11), basado y calculado a través de la aplicación de un análisis “dinámico” de investigación histórica donde se abordaron campañas aéreas, doctrinas, tecnologías y tendencias nos permitió estimar una propuesta “estática” sobre el tipo, composición, dimensión, calidad y una propuesta sobre la distribución estratégica de una nueva capacidad conjunta SEAD a desarrollar desde cero para nuestro Instrumento Militar.

La “aptitud tecnológica” del diseño de fuerza es en definitiva también “estática”, fundamentado en las principales tecnologías hoy disponibles y que como sabemos evolucionan permanentemente, por lo que demanda de constante actualización y nuevos requerimientos.

Otro objetivo desarrollado fue proponer un modelo de diseño de fuerza, sustentado en el método científico que contribuya a reducir la subjetividad e incertidumbre del planeamiento de Nivel Estratégico Militar, y que facilite el cálculo de la magnitud de la futura capacidad SEAD a través de una herramienta probabilística basada en la “tasa de atrición” como variable determinante, y dependiente a su vez de variables endógenas y exógenas perfectamente identificadas en el trabajo.

Es innegable que para desarrollar una interesante cantidad y calidad de medios SEAD aptos, se requiere de una importante inversión de recursos presupuestarios que se contraponen con la realidad de nuestro país; pero que puede alcanzarse en forma progresiva a través de los núcleos de “Capacidad Suficiente” propuestos, que dependerán de la programación plurianual establecida en el Plan de Capacidades Militares y de los recursos asignados.

La solución final de un desarrollo de la poderosa capacidad SEAD propuesta, es muy poco factible en la actualidad por las restricciones económicas que el Instrumento Militar de nuestro país viene padeciendo desde hace varias décadas; pero un desenvolvimiento progresivo de tecnologías y sistemas de armas aplicada a la SEAD puede surgir del actual grado de desarrollo en materia de electrónicas aplicadas a la defensa (radares terrestres y aéreos, sensores IR, guiado de armas, sistemas FLIR, etc.) que posee nuestro país con posibilidades de diseñar, desarrollar y producir los complejos sistemas de GE, sensores y de armamento guiado, hoy ya considerados “convencionales”, con un suficiente grado de calidad y estándar internacional.

Argentina también ha alcanzado una interesante madurez tecnológica en el desarrollo nacional de Vehículos Aéreos No Tripulados hasta la Clase III-MALE, donde existen varios modelos fabricados por la FAA para uso militar y de empresa privadas para uso civil que pueden, inversión estatal mediante, integrarse para alcanzar la producción de vectores no tripulados militares para todo tipo de tareas, especialmente en vigilancia, reconocimiento y ataque aéreo.

Creemos que en el futuro Campo de Batalla las “aeronaves tripuladas” en pocas décadas más, irán perdiendo relevancia, dándole paso a las aeronaves remotamente tripulados y a los vehículos aéreos autónomos piloteados por sistemas de “inteligencia artificial” o combinaciones de ambas tecnologías (aeronaves híbridas) tanto para operaciones aéreas ofensivas como defensivas.

Para concluir, es relevante destacar las tendencias actuales de llevar a cabo costosos programas militares; que en forma individual son imposibles de afrontar y concretar en el tiempo.

Involucrar a múltiples actores nacionales y países en asociaciones o alianzas estratégicas regionales o interregionales que tengan como objetivo aunar esfuerzos para disminuir costos y potenciar la investigación, desarrollo y fabricación de sistemas; nos permitiría en el muy largo plazo, el acceso a las altas tecnologías necesarias para el desenvolvimiento básico de las diversas subcapacidades militares de nuestro instrumento militar.

Actualmente los números teóricos planteados en el presente trabajo para la proyección de la Fuerza Aérea necesaria son imposibles de satisfacer desde el punto de vista económico; alcanzar el dimensionamiento propuesto representan varias décadas de ejecución presupuestaria y de evolución tecnológica para enfrentar las amenazas planteadas; las que indudablemente a su vez seguirán evolucionando según el ritmo de sus ininterrumpidos ciclos de planeamiento.

Parte del valor del presente trabajo residió en los estudios pormenorizados de los escenarios intermedios probables y del actual estado del arte de los sensores y armas actuales que muestran el abismo existente entre nuestro país y las amenazas genéricas.

Podemos concluir que en el ámbito militar, especialmente en el aeronáutico y en el electrónico; las tecnologías disruptivas, cuyo objetivo es lograr imponer la superioridad sobre el enemigo, han producidos importantes cambios en la aplicación no solo de estrategias y tácticas aéreas operativas sino también en el diseño, dimensionamiento, organización y doctrina de las fuerzas aéreas en los últimos 50 años.

Abismo, que va desde el dimensionamiento de fuerzas, las estrategias y lo tecnológico que abren el panorama para buscar otro tipo de soluciones basadas principalmente en tecnologías disruptivas aplicadas al campo militar que salten las actuales generaciones de sistemas, hacia las futuras armas como las de energías dirigidas, los misiles hipersónicos guiados de muy largo alcance, sensores de bandas múltiples integrados, plataformas furtivas VANT, materiales de nanotecnologías, la inteligencia artificial aplicada al comando y control y por supuesto hasta el uso inteligente y efectivo de las FFEE como parte de una solución integral.

La innovación es fundamental para el progreso de la sociedad, las que avanzan son las que introducen innovaciones en todas las actividades humanas debido a que son sociedades más propensas al cambio y a aceptar nuevos desafíos que otras organizaciones más tradicionales y ortodoxas. Fomentar e invertir recursos en innovación tecnológica es fundamental para comprender y actuar en los nuevos escenarios y conflictos bélicos futuros.

## ANEXOS

### **Anexo 1 – Derribos de Aeronaves Argentinas por acción el Sistema de Control Aéreo Defensivo Británico entre el 01-May-82 y el 14-Jun-82**

Derribos de Aeronaves Argentinas por Acción el Sistema de Control Aéreo Defensivo Británico entre el 01-MAY-82 y el 14-JUN-82									
Nro. Orden	S. Arm.	Integrantes Ella./Secc.	Fecha Derribo	S.Arm. provocó el Derribo	Armamento utilizado	Tripulación Ejectada	Tripulación Fallecida	Indicativo Escuadrilla	Fuerza
1	M-III	2	01-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Dardo 2	FAA
2	M-III		01-05-82	AA Terrestre	Sis.Desconc.		1	Dardo 1	FAA
3	M-V	1	01-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Rubio	FAA
4	MK-62	3	01-05-82	AA Naval	Sea Dart		2	Rifle 2	FAA
5	MB-339	2	03-05-82	ACC Operac.	ACC Operac.		1	S/datos	ARA
6	A-4 C	2	09-05-82	ACC Operac.	ACC Operac.		1	Trueno 1	FAA
7	A-4 C		09-05-82	ACC Operac.	ACC Operac.		1	Trueno 2	FAA
8	A-4 B	4	12-05-82	AA Naval	Sea Wolf		1	Cuña 1	FAA
9	A-4 B		12-05-82	AA Naval	Sea Wolf		1	Cuña 2	FAA
10	A-4 B		12-05-82	AA Naval	Sea Wolf		1	Cuña 3	FAA
11	A-4 B		12-05-82	AA Terrestre	35 mm/AAA		1	Oro 3	FAA
12	IA-58	4	21-05-82	AA Terrestre	Blowpipe	1		Tigre 1	FAA
13	IA-58		21-05-82	Sea Harrier	30 mm/A-A	1		Tigre 4	FAA
14	M-V	3	21-05-82	AA Naval	Sea Wolf		1	Nandú 2	FAA
15	A-4 C	4	21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Pato 2	FAA
16	A-4 C		21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Pato 4	FAA
17	M-V	4	21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Cueca 4	FAA
18	M-V	3	21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Laucha 1	FAA
19	M-V		21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Laucha 2	FAA
20	M-V		21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Laucha 3	FAA
21	A-4 Q	3	21-05-82	Sea Harrier	30 mm/A-A	1		Tábano 1	ARA
22	A-4 Q		21-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Tábano 2	ARA
23	A-4 Q		21-05-82	Sea Harrier	30 mm/A-A	1		Tábano 3	ARA
24	A-4 B	4	23-05-82	AA Naval	20 mm/A-A		1	Nene 3	FAA
25	M-V	2	23-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Puñal 2	FAA
26	M-V	3	24-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Oro 1	FAA
27	M-V		24-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L	1		Oro 2	FAA
28	M-V		24-05-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Oro 3	FAA
29	A-4 C	2	24-05-82	Sea Harrier	30 mm/A-A		1	Jaguar 3	FAA
30	A-4 B	2	25-05-82	AA Naval	Sea Dart		1	Marte 1	FAA
31	A-4 C	4	25-05-82	AA Terrestre	Rapier	1		Toro 1	FAA
32	A-4 C		25-05-82	AA Naval	Sea Dart		1	Toro 2	FAA
33	A-4 B	2	27-05-82	AA Terrestre	40 mm/A-A	1		Truco 1	FAA
34	MB-339	2	28-05-82	AA Terrestre	Blowpipe		1	TC Miguel	ARA
35	IA-58	2	28-05-82	AA Terrestre	Sis.Desconc.		1	Sombra 1	FAA
36	IA-58	2	28-05-82	AA Terrestre	Sis.Desconc.	1		Fénix 2	FAA
37	M-V	2	29-05-82	AA Terrestre	Rapier		1	Patria	FAA
38	A-4 C	4	30-05-82	AA Naval	Sea Dart		1	Zeus 1	FAA
39	A-4 C		30-05-82	AA Naval	Sea Dart		1	Zeus 3	FAA
40	C-130	1	01-06-82	Sea Harrier	AIM-9 L		7	Tiza	FAA
41	LR-35	2	07-06-82	AA Naval	Sea Dart		5	Nardo 1	FAA
42	A-4 B	2	08-06-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Martillo 1	FAA
43	A-4 B		08-06-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Martillo 2	FAA
44	A-4 B	2	08-06-82	Sea Harrier	AIM-9 L		1	Mazo 2	FAA
45	MK-62	2	13-06-82	AA Naval	Sea Dart	1	1	Baco 1	FAA
<b>TOTALES</b>	<b>45</b>	<b>75</b>			<b>TOTALES</b>	<b>15</b>	<b>42</b>	<b>Aeronaves de la FAA:</b>	<b>40</b>
<b>% Derribos</b>	<b>60,00%</b>		Nota: "AA Terrestre"= Artillería Antiaérea Propia					<b>Aeronaves de la ARA:</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia, con datos extraídos de Matassi, F. P. (1990). La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (Vol. I). (H. O. Vartorelli, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea; y Martini, H. A. (1992). Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur) (Vol. III). Buenos Aires, Argentina: Departamento de Estudios Históricos ARA.

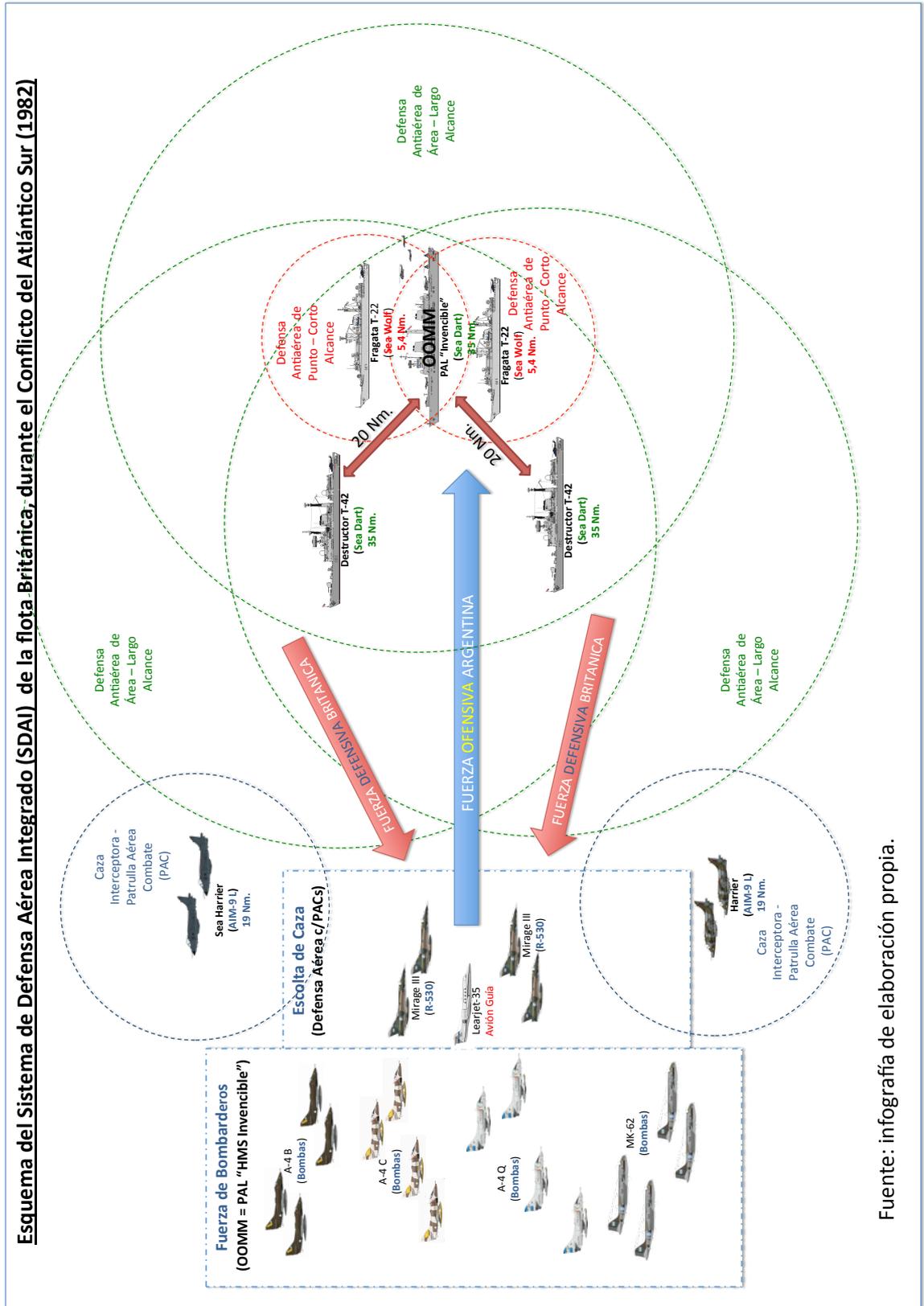


**Anexo 3 – Cronograma de Salidas Diarias de Aeronaves de Combate y No de Combate de la Fuerza Aérea y Aviación Naval Argentina, entre el 01-MAY-82 y 14-JUN-82 durante el Conflicto de Atlántico Sur (45 días de operación).**

Cronograma de Salidas Diarias de Aeronaves de Combate y No de Combate de la FAA y Aviación Naval Argentina, entre el 01-may-82 y 14-jun-82 durante el Conflicto de Atlántico Sur (45 días de operación)														
Días de Operación	01-05-82	02-05-82	03-05-82	04-05-82	05-05-82	06-05-82	07-05-82	08-05-82	09-05-82	10-05-82	11-05-82	12-05-82	13-05-82	14-05-82
<b>Salidas Diarias</b>	71	8	5	20	8	5	5	5	4	28	1	1	10	
Salidas No Ofensivas	11	3	3	9	8	5	5	5	4	11	1	1	2	
<b>Derribos Ae. No Ofensivas</b>														
Salidas Ofensivas	60	5	2	11	0	0	0	0	0	17	0	0	8	
<b>Derribos Ae. Combate</b>	4	1	20,0%							2			4	
<b>Tasa Derribo Diaria</b>	5,6%									7,1%			40,0%	
Tasa Derribo Ae. No Ofens.	6,7%		50,0%							11,8%			50,0%	
Tasa Derribo Ae. Ofensivas														
Día con más de 5 salidas	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	
<b>Días de Operación</b>	13-05-82	14-05-82	15-05-82	16-05-82	17-05-82	18-05-82	19-05-82	20-05-82	21-05-82	22-05-82	23-05-82	24-05-82		
<b>Salidas Diarias</b>	7	10	10	8	11	6	6	13	8	83	22	69	37	
Salidas No Ofensivas	7	10	9	4	6	4	4	7	6	23	12	19	12	
<b>Derribos Ae. No Ofensivas</b>														
Salidas Ofensivas	0	0	1	4	5	2	2	6	2	60	10	50	25	
<b>Derribos Ae. Combate</b>										12		2	4	
<b>Tasa Derribo Diaria</b>										14,5%		2,9%	10,8%	
Tasa Derribo Ae. No Ofens.										20,0%		4,0%	16,0%	
Tasa Derribo Ae. Ofensivas														
Día con más de 5 salidas	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	
<b>Días de Operación</b>	25-05-82	26-05-82	27-05-82	28-05-82	29-05-82	30-05-82	31-05-82	01-06-82	02-06-82	03-06-82	04-06-82	05-06-82		
<b>Salidas Diarias</b>	27	12	19	37	24	7	9	10	14	5	5	13	21	
Salidas No Ofensivas	8	6	9	8	7	3	3	5	12	5	5	1	8	
<b>Derribos Ae. No Ofensivas</b>														
Salidas Ofensivas	19	6	10	29	17	6	6	5	2	0	0	12	13	
<b>Derribos Ae. Combate</b>	3	1	1	3	1	2	2							
<b>Tasa Derribo Diaria</b>	11,1%		5,3%	8,1%	4,2%	22,2%	7,1%							
Tasa Derribo Ae. No Ofens.	15,8%		10,0%	10,3%	5,9%	33,3%								
Tasa Derribo Ae. Ofensivas							8,3%							
Día con más de 5 salidas	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	
<b>Días de Operación</b>	06-06-82	07-06-82	08-06-82	09-06-82	10-06-82	11-06-82	12-06-82	13-06-82	14-06-82	Total				
<b>Salidas Diarias</b>	6	16	38	14	19	6	14	24	2	785	Salidas Totales			
Salidas No Ofensivas	6	7	6	5	6	6	6	6	2	308	Salidas No Cbte.			
<b>Derribos Ae. No Ofensivas</b>										2	Derribos No Cbte.			
Salidas Ofensivas	0	9	32	9	13	0	8	19	0	477	Salidas Combate			
<b>Derribos Ae. Combate</b>										1	43 Derribos Combate			
<b>Tasa Derribo Diaria</b>			6,3%			7,9%					3,9% Derr. Diarios Prom			
Tasa Derribo Ae. No Ofens.			9,4%								5,5% Derr. Diar. Prom. Cbte			
Tasa Derribo Ae. Ofensivas		14,3%									0,5% Derr. Diar. Prom. No Cbte			
Día con más de 5 salidas	-	1	1	1	1	1	1	1	1	23	Días con más de 5 sal.			

Fuente: elaboración propia, con datos extraídos de Matassi, F. P. (1990). La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas (Vol. I). (H. O. Viorbelle, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea; y Martini, H. A. (1992). Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur) (Vol. II). Buenos Aires, Argentina. Departamento de Estudios Históricos ARA.

**Anexo 4 – Esquema del Sistema de Defensa Aérea Integrado (SDAI) de la flota Británica, durante el Conflicto del Atlántico Sur (1982).**



Fuente: infografía de elaboración propia.

## Anexo 5 – El Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada

### Análisis y descripción de las Variables para el Modelo “Neri” adaptado de Defensa Aérea Integrada

#### VARIABLES AMENAZAS AÉREAS – LOS SISTEMAS DE ARTILLERÍA ANTIAÉREA Y CAZA INTERCEPTORA (DEFENSIVA SAM)

Las variables involucradas en el escenario de referencia al que llamaremos “Modelo Defensivo SAM” pertenecen a los SAM del enemigo definidos para este trabajo; compuesto por el sistema de misiles A-A de guiado IR (AIM-9 L “Sidewinder”), el misil de medio alcance (GWS- 30 “Sea Dart”) para defensa de área y el tercero de corto alcance (GWS-25 “Sea Wolf”), para cada uno de los tres sistemas de misiles tenemos las siguientes “Variables Amenazas Aéreas” del tipo probabilísticas:

- 1) Probabilidad que nuestros aviones sean detectados por el Radar de Alerta Temprana ( $P_s$ ).
- 2) Probabilidad que nuestros aviones sean detectados por el Radar de Adquisición ( $P_a$ ).
- 3) Probabilidad que nuestros aviones sean seguidos por el Radar de Seguimiento ( $P_t$ ).
- 4) Probabilidad que nuestros aviones sean perseguidos y destruidos por el Misil ( $P_{ka}$ ).

#### VARIABLES DEFENSIVAS DE LAS AERONAVES – LAS MEDIDAS DE APOYO Y ATAQUE ELECTRÓNICO (DEFENSIVA SAM)

Las “Variables Amenazas Aéreas” están relacionadas con la aplicación directa de medidas de GE, como las Medidas Apoyo Electrónico (RWR y MLWS) y las de Ataque Electrónico (Dispensador e Interferidor) contra la capacidad electrónica de los radares asociados que componen los tres sistemas de misiles enemigos, con el objetivo de degradar dichas amenazas. Esto se realizará por medio de un completo Sistema de Autoprotección Integrado (SAI), instalados en todas las aeronaves de la fuerza aérea atacante. Estas variables son estándar para todas las aeronaves ofensivas, dado que el equipamiento es el mismo:

- 1) Probabilidad del Receptor de Alerta Radar (RWR) para detectar e identificar señales de los radares enemigos ( $R_r$ ).

- 2) Probabilidad del Receptor de Alerta de Lanzamiento Misil (MLWS) para detectar misiles en vuelo a través de la fuente de calor ( $R_s$ ).
- 3) Probabilidad de los señuelos tirados por el Dispensador de chaff/flare, seduzcan a los misiles enemigos ( $D_i$ ).
- 4) Probabilidad de degradar la efectividad de los radares asociados a los SAM a través de señales electrónicas emitidas por el Interferidor Activo de Ruido y Engaño ( $J_m$ ).

Cabe aclarar que, en el MMP el RWR se utilizará para detectar los radares enemigos, en tanto que el MLWS para detectar el calor de los misiles en vuelo, dado que según el tipo de amenaza son equipos sustitutivos. En el caso del dispensador chaff/flare, la variable para tener en cuenta será misma para todo tipo de misil, dado que la mecánica de seducción de misiles (Chaff contra misiles radáricos y Flare con misiles IR) es semejante.

#### VARIABLES OFENSIVAS SEAD – LOS SISTEMAS DE MISILES ANTI-RADIACIÓN (ARM) (OFENSIVA SEAD).

La capacidad SEAD se materializa a través de las tareas de Ataque Electrónico, compuesta básicamente por las medidas blandas de Interferencia/Engaño Electrónico y medidas duras por el lanzamiento de armas ofensivas contra los radares y lanzadores de misiles. Una de las armas más efectivas es el Misil Anti-Radiación (ARM), para poder lanzar e impactar el misil sobre el radar se hacen imprescindibles las siguientes variables probabilísticas:

- 1) Probabilidad de Detección por RWR de una señal de radar (de adquisición y/o de seguimiento y guiado) que permite el lanzamiento ARM ( $P_s$ ).
- 2) Probabilidad que el ARM adquiera la señal emitida por el Radar del SAM ( $P_m$ ).
- 3) Probabilidad que el ARM adquiera la señal emitida por el Radar del SAM ( $P_h$ ).
- 4) Probabilidad de Destrucción del Radar SAM por parte del ARM ( $P_{ka}$ ).

#### VARIABLES DEFENSIVAS DE LOS RADARES ENEMIGOS – LA DEFENSA ANTI ARM DE LOS SISTEMAS DE MISILES ENEMIGOS (OFENSIVA SEAD)

Las variables defensivas aplicadas por las Baterías SAM contra los misiles Anti-Radiación son las siguientes:

- 1) Probabilidad de Eficacia del misil (Hard Kill) SAM para impactar contra el ARM ( $E_h$ ).

- 2) Probabilidad de Eficacia de los señuelos (Soft Kill) aplicados por la Batería SAM contra el misil ( $E_{kc}$ ).
- 3) Factor de Defensa de la Batería SAM contra el ARM ( $S_{kc}$ ).
- 4) Factor de Defensa de la Batería SAM al utilizar señuelos activos (Soft Kill) ( $S_h$ ).

### **Desarrollo del Modelo Matemático Probabilístico**

En primer lugar, vamos a desarrollar el “Modelo Defensivo SAM” de los sistemas de misiles que componían el SDA británico modelizado con el objetivo de analizar el Caso Testigo.

La Probabilidad de Supervivencia de las aeronaves ofensivas es recíproca a la Probabilidad de Derribo ( $P_k$ ) que poseen el SDA enemigo en su conjunto, esta última se obtiene del producto de las probabilidades de sus componentes para cada sistema de misil de forma individual; es decir el producto entre Variables “Amenazas Aéreas” de los Sistemas de Artillería Antiaérea y Caza Interceptora definidos, por lo tanto la Probabilidad de Derribo Individual ( $P_{kn}$ ) será:

$$P_{kn} = P_s \cdot P_a \cdot P_t \cdot P_{ka}$$

En tanto que el SDAI completo, compuesto por tres SDA, podemos calcular la Probabilidad de Derribo Total ( $P_{kt}$ ) del sistema:

$$P_{kt} = P_{k1} + P_{k2} \cdot (1 - P_{k1}) + P_{k3} (1 - (P_{k1} + P_{k2} \cdot ((1 - P_{k1})))) + \dots$$

Este MMP parte de la premisa que la fuerza ofensiva no realiza acciones de recupero de aeronaves dañadas por acción de los SDA enemigos, con lo cual la Probabilidad de Derribo ( $P_{kt}$ ) es igual a la Tasa de Atrición ( $A_r$ ) del sistema:

$$A_r = P_{kt}$$

La Probabilidad de Supervivencia de una aeronave después de una y dos misiones o Salidas de Combate será:

$$\text{Para 1 misión: } Q_1 = 1 - P_{kt}$$

$$\text{Para 2 misiones: } Q_2 = (1 - P_{kt}) \cdot (1 - P_{kt})$$

Pero después de varias misiones (n) será:

$$Q_n = (1 - P_{kt})^n$$

Dado que el uso de las aeronaves ofensivas es en forma “masiva” para incrementar sinérgicamente la potencia de fuego; podemos calcular la cantidad de Aeronaves Remanentes ( $N_r$ ) luego de “n” misiones por causa de la Tasa de Atrición ( $A_r$ ), donde N es el número total de aeronaves de la fuerza disponible:

$$N_r = N \cdot Q_n = N \cdot (1 - P_{kt})^n$$

Hasta aquí hemos desarrollado como actúan las defensas aéreas contra los aviones, a partir de aquí desarrollaremos como las aeronaves ofensivas, aplicando medidas de defensa de GE contra los radares de guiado y las cabezas de guerra, pueden protegerse y reducir la Tasa de Atrición ( $A_r$ ).

La Eficacia (E) del Sistema de Defensa Electrónica se dará contra los radares de Alerta Temprana ( $E_s$ ), de Adquisición ( $E_a$ ) y de Seguimiento ( $E_t$ ); esta eficacia permite definir el nivel de degradación de los radares enemigos, llamado Factor de Supresión (S) de la operatividad del radar víctima del que se defienden nuestras aeronaves ofensivas, con el objetivo de reducir la  $A_r$ :

$$S_s = 1 - E_s \quad P/0 \geq E \leq 1$$

$$S_a = 1 - E_a$$

$$S_t = 1 - E_t$$

Ahora el Factor de Supresión (S) afecta directamente a la  $A_r$ , con lo cual la  $A_r$  modificada por la Defensa Electrónica que afecta a los radares de los SDA del enemigo, será:

$$A_r' = P_k' = S_s \cdot P_s \cdot S_a \cdot P_a \cdot S_t \cdot P_t \cdot P_{ka}$$

También se verán modificadas la Probabilidad de Supervivencia individual y de la totalidad de la fuerza ( $Q_n'$ ), como el número de aeronaves Remanentes ( $A_r'$ ):

$$Q_r' = (1 - P_k')^n$$

$$N_r' = N \cdot Q_n'$$

La presencia y la eficacia de los sistemas de defensa electrónica, permite calcular un Factor de Multiplicación de Fuerzas (M) que se puede expresar matemáticamente como:

$$M = N \cdot Q_n / N \cdot Q_n' = Q_n \cdot Q_n'$$

Para el cálculo de la segunda parte del modelo, la “Ofensiva SEAD” contra los radares de superficie con misiles anti-radiación, se trabaja sobre la posibilidad de batir los radares enemigos con el mencionado armamento. Este modelo se construyó en base al desarrollado de Neri (1990, p. 423) en el Capítulo 8 de su obra, sobre ataques a buques con misiles “rasa olas” (“sea skimmer”), los que sustituimos por los ARM y al que se le agregó con el objetivo de hacerlo más real, la posibilidad de que los radares enemigos se defiendan o reaccionen contra este armamento (medida del tipo Hard Kill) y/o contra el AE (Soft Kill).

La posibilidad de abatimiento directo del ARM contra los radares de Adquisición/Seguimiento, sin aplicación de medidas de defensa de los SDA, dada por las “Variables Ofensivas SEAD” es la siguiente:

$$P_k = P_s \cdot P_m \cdot P_h \cdot P_{ka}$$

Ahora si el SDA utiliza medidas Hard Kill o Soft Kill, es decir que aplica “Variables Defensivas de los Radares Enemigos”, como lanzar el misil contra el ARM, lanzar chaff y/o emitir interferencia de seducción por señuelos activos, etc.; la eficacia de cada ARM disminuye.

En el caso que la batería lance el propio misil contra el ARM (medida Hard Kill) en la fase de “homing” (ARM montado en seguimiento sobre la señal y rumbo hacia la antena del radar), tenemos:

$$P_{k'} = P_s \cdot P_m \cdot P_h \cdot P_{ka} \cdot (1 - E_{kc})$$

Para el segundo caso, si se aplican medidas como chaff y/o señuelos activos (Soft Kill), la probabilidad será:

$$P_{k''} = P_s \cdot P_m \cdot P_h \cdot (1 - E_t) \cdot P_{ka}$$

La combinación de Hard Kill y Soft Kill por el radar atacado, que será la utilizada en el MMP, la Eficacia (E) del misil SAM (Hard Kill) para impactar contra el ARM ( $E_h$ ) y la eficacia de los señuelos (Soft Kill) aplicados por la Batería SAM contra el ARM ( $E_{kc}$ ), modificarán la probabilidad de impacto del ARM contra el radar enemigo:

$$P_{k'''} = P_s \cdot P_m \cdot P_h \cdot (1 - E_h) \cdot P_{ka} \cdot (1 - E_{kc})$$

Por lo tanto, el Factor de Defensa de la Batería SAM contra los ARM ( $S_{kc}$ ) y el Factor de Defensa de la Batería SAM al utilizar señuelos activos ( $S_h$ ), serán ahora los siguientes:

$$S_{kc} = 1 - E_{kc} \quad P/0 \geq E \leq 1$$

$$S_h = 1 - E_t$$

Recordando que el modelo parte de la suposición que Tasa de Atrición ( $A_r$ ) es igual a la Tasa de Derribo Total ( $P_{kt}$ ), con lo cual no se recuperan aeronaves dañadas por los SDA enemigos.

Finalmente, los resultados a obtener con el MMP adaptado a tres escenarios propuestos (desarrollados en el próximo título) servirán por comparación, demonstrar la influencia de los sistemas de GE de autoprotección y de las operaciones SEAD con ARM para destruir los SAM enemigos. Esto permitirá conocer la incidencia teórica sobre las pérdidas de aeronaves propias durante la batalla aérea, a través de los siguientes parámetros del modelo:

- 1) Tasa de ATRICIÓN TOTAL de la DA enemiga (Pkt).
- 2) Número de AERONAVES PÉRDIDAS (C).
- 3) Probabilidad de SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES: (Qn).
- 4) FUERZA REMANENTE luego de n Misiones (Nr).
- 5) Número de AERONAVES SALVADAS (S) CON GE. (Nr'-Nr).
- 6) Total de Salidas de Combate Posibles (np).
- 7) Salidas de Combate Exitosas (ne).
- 8) % de Salidas de Combate Exitosas (%ne).
- 9) FACTOR DE MULTIPLICACIÓN de Fuerzas de la GE. (M).

Los resultados comparativos obtenidos de los tres escenarios, nos brindará tres juegos de Tasa de Atrición Total del SDAI enemigo y demás resultados, que nos permitirán sacar conclusiones sobre la naturaleza, características y peligrosidad de las armas AA en un conflicto convencional, brindándonos una respuesta parcial al planteo del problema de investigación.

### **Definición de los tres escenarios aéreos hipotéticos para el Modelo “Neri” de Defensa Aérea Integrada**

Escenario N° 1 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves sin equipamiento de Guerra Electrónica (Caso Testigo: Conflicto del Atlántico Sur).

Analizada la efectividad de las armas antiaéreas británicas en el Conflicto del Atlántico Sur y las pérdidas aéreas argentinas por acción de las defensas enemigas vamos a llevar los resultados obtenidos al Modelo “Neri” de Defensa Aérea Integrada, al que llamamos MMP.

El Escenario N° 1 – sin GE (1ra. parte de la “Defensiva SAM”), está compuesto solamente por las “Variables Ofensivas” del SDA británico; además sirve de base para los dos siguientes escenarios (que agregarán GE de Autoprotección a las aeronaves ofensivas en el segundo y las operaciones SEAD en el tercero). Este parte de una fuerza aérea compuesta por 93 Aeronaves Ofensivas (IA-58, M-III, M-V, A-4B, A-4C, MK-62, A-4Q, MB-339, SUE y S-2E) (ver Ilustración N° 4) que realizarán un total de 11 Salidas de Combate con la totalidad de la fuerza remanente o disponible, en un lapso supuesto de 23 días de operación según los resultados de la Ilustración N° 5, donde se realizaron operaciones masivas (criterio a priori) con más de 5 salidas diarias.

El SDA británico del “escenario base”, estará compuesto por misiles AIM-9L “Sidewinder”, GWS-30 “Sea Dart” y GWS-25 “Sea Wolf”. Para el caso del AIM-9L, este estaba asociado, vía comunicación de voz, a los pilotos de “Harrier/Sea Harrier”, con el operador de un

radar Tipo 965/6 de Alerta Temprana Aérea de los destructores T-42; además de a su propio radar de Interceptación Aérea "Blue Fox" embarcado sólo en los "Sea Harrier" y a la cabeza IR del propio misil (ver Anexo 4).

En el caso del misil de guiado radárico Semi Activo "Sea Dart", se asociaba también al radar Tipo 965/6 de Alerta Temprana Aérea y al radar Tipo 909 en los modos de Adquisición y Seguimiento de las propias T-42. En tanto que el "Sea Wolf" estaba asociado al Tipo 968 de Alerta Temprana Aérea y al Tipo 910 en los modos de Adquisición y Seguimiento de las fragatas T-22, en tanto que el guiado del tipo Automático por Línea de Vista (ACLOS<sup>92</sup>) a través de un link de datos entre el misil y el radar T-910 (modo seguimiento).

La "Tasa de Atrición Total de la DA ( $P_{kt}$ )" británica que se lleva al modelo como dato, es la "Tasa de Atrición Diaria Promedio para Salidas Ofensivas" (ver Ilustración N° 4) con un valor de 0,0573 (5,73%), obtenida como parte del análisis del CAS y que se utilizará para correr las 11 Salidas de Combate promedio de la fuerza para todas las aeronaves.

Los SDA llevados al MMP y sus "Probabilidad de Destrucción del Misil" ( $P_{ka}$ ) individuales son, para el misil "AIM-9L" de 0,25 (aeronaves "Harrier/Sea Harrier"), el misil "Sea Dart" de 0,09 (Destructores T-42) y de 0,05 para el misil "Sea Wolf" (Ilustración N° 7).

Con el objetivo de calcular la "Probabilidad de Derribo Individual ( $P_{kn}$ ) de cada sistema misilístico modelizado, se inferirán en el título siguiente la efectividad de la Alerta Temprana del SDAI británico en el CAS, con las probabilidades de "Detección Radar de Alerta Temprana ( $P_s$ )"; de "Detección del Radar de Adquisición ( $P_a$ )" y la de "Seguimiento para el Guiado de Misil ( $P_t$ )",

Con la "Tasa de Atrición Total de la DA ( $P_{kt}$ )" británica del 5,7% durante el CAS, la "Probabilidad de Destrucción del Misil" ( $P_{ka}$ ) de los tres SAM y las Probabilidades  $P_s$ ,  $P_a$  y  $P_t$  a inferir, se tratará de alcanzar el "Total de Derribos de Aeronaves Ofensivas" de 43 Aeronaves Ofensivas analizadas y presentadas en la Ilustración N° 5 y en el Anexo 3. Es decir que para arribar a 43 derribos con una probabilidad del 5,7% de Atrición Total del SDA británico, inferiremos las Probabilidades  $P_s$ ,  $P_a$  y  $P_t$ .

En este primer escenario vamos a asumir que estas aeronaves no disponían de equipos de GE del tipo SAI, dado que las únicas que disponían de un sistema RWR de última generación, fueron las cuatro aeronaves SUE recién incorporadas.

En tanto que las aeronaves A-4Q de la ARA, sólo una poseía un sistema RWR asociado a un único lanzador de Chaff de 20 cartuchos; desarrollado por el Departamento de Óptica y

---

<sup>92</sup> ACLOS, acrónimo de Automatic Command Line of Sight (Comando Automático por Línea de Vista).

Control de Tiro de la Base Naval de Puerto Belgrano bajo el “Proyecto Alerta” iniciado en 1980 y que fue denominado “CME Mk.1 - Mod. 0”. La primera prueba operativa se realizó en mayo de 1981 en el avión A-3-309 contra los radares Tipo 909 de Control de Fuego de los misiles “Sea Dart” del Destructor ARA (D-1) “Hércules” (Nuñez Padín, 2008, p. 33). Esta aeronave no participaría del conflicto, pero el sistema fue instalado y utilizado en uno de los ocho aparatos disponibles y que no hemos podido identificar; con la tarea de “lanzador de chaff en alerta a 30 minutos” embarcado en el Portaviones ARA “25 de mayo” desde el 28 de abril, para brindar defensa aérea a la flota (Martini, 1992, p. 370).

En el caso de los cinco S-2E “Tracker” y las dos aeronaves EMB-111, contaban con un equipo AGE/ESM<sup>93</sup> instalados en abril de 1982 (Martini, 1992, p. 254 y 271), estos últimos iniciaron las operaciones el 22 de mayo hasta el fin del conflicto. Las dos aeronaves SP-2H “Neptune” de exploración marítima y guerra antisubmarina, poseían un viejo equipo AGE/ESM en banda de UHF, que pese a ser longevos fueron utilizados eficazmente para detectar radares británicos embarcados con el T-965/6 de Alerta Temprana Aérea.

Cabe destacar que en ninguna de las aeronaves de la AVN contaba con un SAI compuesto por RWR, un Receptor de Alerta de Lanzamiento Misil (MLWS) en la banda IR Dispensador de chaff/flare e Interferidor Activo de Ruido y Engaño; excepto un sólo equipo de RWR con un lanzador de chaff (sin flare contra misiles IR) en un aparato A-4Q; con lo que la protección electrónica contra misiles de la Armada era tan precaria como en la FAA.

En el caso específico de la FAA, ninguna de las Aeronaves contaba en 1982 con un SAI. Solo se improvisó en el mes de abril, un lanzador manual de chaff/flare en los bombarderos Mk-62 “Canberra” que no estaban asociado a sistemas de RWR o AGE/ESM. Para los lanzadores se utilizaron los cartuchos de arranque de los aviones, colocados en un tambor horizontal con siete unidades que se ubicaron en la cola del avión. A pedido de la FAA, Fabricaciones Militares desarrolló como bengala que se quemaba uniformemente a 500° C, temperatura algo mayor que la salida posterior de gases del Canberra. En los cartuchos se colocaba primero la bengala con un paracaídas, luego se completaba su volumen con chaff (producido con una máquina para cortar tallarines) y finalmente una tapa plástica sostenía los elementos para evitar que se cayeran. El iniciador eléctrico era el mismo de los cartuchos de arranque que se conectaron con una manguera de cables hasta el tablero del navegador donde estaban numerados los lanzadores del 1 al 7; cada uno tenía su llave de activación y una luz roja que indicaba el disparado, siempre se eyectaban conjuntamente chaff y bengala (flare). El navegador podía accionar manualmente el sistema sólo

---

<sup>93</sup> ESM, acrónimo en inglés de Electronic Support Measure (Medida de Apoyo Electrónico).

cuando veía el lanzamiento del misil en la cubierta del buque, o en la oscuridad de la noche cuando un halo con centro negro se dirigía hacia el avión.

El 1º de mayo dos escuadrillas de tres aviones cada una, fueron enviadas a bombardear los buques que atacaban las posiciones en Puerto Argentino. La primera de ellas, con indicativo “Ruta”, logró divisar al Portaviones HMS “Invencible”, su tripulación advirtió el lanzamiento de un misil y tras un viraje brusco a baja altura, lanzó los chaff/flare. El proyectil se desvió e impactó en el agua detrás del avión B-105, aunque alcanzó a producirle averías que no impidieron su regreso a salvo. La segunda escuadrilla, con indicativo “Rifle” partió inmediatamente después que los “Ruta”, éstos fueron interceptados por los “Harrier”. En esta ocasión, los aviones ingleses lograron ubicarse dentro del alcance necesario para lanzar sus AIM-9L “Sidewinder”, derribando al Canberra matrícula B- 110 sin que su tripulación pudiera ser rescatada luego de la eyección.

El segundo Canberra (matrícula B-108) fue derribado el 13 de junio por un misil “Sea Dart” del HMS “Exeter”; en tanto que el avión B-109 logró lanzar sus cartuchos de chaff/flare, alcanzando a regresar indemne a su base. Posiblemente, gracias a la acción oportuna del sistema de PE, pudo proteger a ambas aeronaves de las amenazas misilísticas en esas dos oportunidades.

En definitiva, ambas fuerzas argentinas (ARA y FAA), no poseían un SAI en cantidad y tecnología adecuada contra los sistemas de misiles guiados por radar o por sensores pasivos IR, con lo que vamos a asumir que la aviación argentina no disponía de sistemas de Guerra Electrónica de autoprotección en sus aeronaves ofensivas.

Siguiendo con nuestro MMP, en todos los escenarios definidos, el dispositivo de defensa aéreo británico es considerado un Sistema Integrado de Defensa Aérea (SDAI).

Escenario N° 2 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves equipadas con sistemas de Guerra Electrónica.

Para este segundo escenario (2da. parte de la “Defensiva SAM”); se agregan las “Variables Defensivas” de nuestra fuerza de ataque; donde vamos a suponer que todas nuestras 93 aeronaves cuentan con un completo Sistema de Autoprotección Integrado (SAI) donde se aplicarán medidas de Apoyo de Guerra Electrónica (AGE) y Ataque Electrónico (AE) que afecten la capacidad electrónica de detección de aeronaves de los radares enemigos y de los sistemas de guiado de los 3 misiles del Escenario N° 1 – sin GE, tomado como base.

La Ilustración N° 18 presenta las estimaciones de la Eficacia Individual de cada sistema AGE (RWR y MLWS) para detectar señales y de los sistemas de AE (Dispensador chaff/flare e

Interferidor de ruido/engaño) contra los radares asociados y buscadores de los misiles AIM-9L, “Sea Dart” y “Sea Wolf” a implementarse en los Escenario N° 2 y N° 3:

Estimación de la Eficacia Individual del Ataque Electrónico (EA) contra los Sistemas de Misiles y sus sistemas de radares asociados y Seeker - P/ ESCENARIOS N° 2 y N° 3 (GE y GE+SEAD) en el MMP												
Sistema de Misiles		AIM-9L			SEA DART				SEA WOLF			
Eficacia Individual de EA:		T-965 (EW)	Radar Blue Fox	Misil AIM-9L	T-965 (EW)	T-909 (Adq.)	T-909 (Seg.)	Misil Sea Dart	T-968 (EW)	T-910 (Adq.)	T-910 (Seg.)	Misil Sea Wolf
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr	0,98	0,98		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs			0,98				0,98				0,98
Dispensador Chaff/Flare:	Di	0,55	0,45	0,60	0,55	0,40	0,45	0,45	0,55	0,45	0,50	0,45
Interferidor Ruido/Engaño:	Jm	0,65	0,55		0,65	0,60	0,15	0,15	0,65	0,65	0,20	0,30
Eficacia Individual de EA:		0,35	0,24	0,59	0,35	0,24	0,07	0,06	0,35	0,29	0,10	0,13

Fuente: elaboración propia.

Ilustración N° 18: Estimación de la Eficacia Individual del Ataque Electrónico (EA) contra los Sistemas de Misiles y radares asociados y Seeker - P/ ESCENARIOS N° 2 y N° 3 en el MMP.

Bajo este mismo escenario los radares y misiles enemigos y con la suposición que poseen cierta Protección Electrónica (PE) contra nuestro EA, vamos a considerar también una medida estimada de eficacia de nuestro AE, a través de un “Factor de Supresión Conjunta” contra el radar de Alerta Temprana EW ( $E_s$ ), el radar Adquisición ( $E_a$ ), el del Guiado de Misil ( $E_t$ ) y contra el propio Seguimiento del Misil ( $E_m$ ) en su fase terminal. Estos 4 factores se aplicarán sobre los 3 sistemas de misiles enemigos en toda la fase defensiva (ver Anexo 7).

Escenario N° 3 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves equipadas con sistemas de Guerra Electrónica y Operaciones SEAD (sobre radares de superficie).

El último escenario (1ra parte de la “Ofensiva SEAD”) completa la defensa de las aeronaves atacantes a través de una ofensiva SEAD de Ataque Electrónico con Misiles Anti-Radiación (ARM), contra los radares de misiles enemigos.

La base de este escenario, es la eliminación de los dos SAM guiados por radar “Sea Dart” y “Sea Wolf” del modelo con los ARM; agregándose las siguientes variables probabilísticas (ver Ilustración N° 19) para la Detección por RWR de una señal de radar (de adquisición y/o de seguimiento y guiado) que permita el lanzamiento del ARM ( $P_s$ ), la del ARM para que adquiera la señal emitida por el Radar del SAM ( $P_m$ ), la que el ARM mantenga enganchada la señal emitida por el Radar del SAM ( $P_h$ ) y la probabilidad de la Destrucción del Radar SAM por parte del ARM ( $P_{ka}$ ).

Estimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESCENARIO N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sistemas SAM, en el MMP.			
Probabilidades de batir el misil:		SEA DART	SEA WOLF
Detección por RWR y lanzamiento Misil ARM:	Ps	0,98	0,98
Adquisición del Radar SAM por Misil ARM:	Pm	0,85	0,85
Seguimiento del Seeker del Misil ARM:	Ph	0,75	0,75
Destrucción del Radar SAM por el Misil ARM:	Pka	0,75	0,75
<b>PROBABILIDAD DE BATIR EL SAM:</b>		<b>Pkt</b>	<b>0,469</b>

Fuente: elaboración propia.

Ilustración N° 19: Estimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESCENARIO N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sistemas SAM, en el MMP.

Las Probabilidades de Batir un SAM con un ARM es del casi el 50% (46,9%), con lo que sería necesario lanzar al menos dos misiles por cada SAM a destruir, con lo cual son necesarios 4 misiles en total para ambos SAM (Sea Wolf y Sea Dart), según se muestra en la Ilustración N° 20.

En tanto que las defensas enemigas reaccionan al ataque SEAD (2da parte de la “Ofensiva SEAD”), ahora incorporamos en este tercer escenario las “Variables Defensivas de Radares Enemigos” contra los ARM lanzados por nuestros aviones; compuesta por: la Eficacia del SAM para impactar contra el ARM ( $E_i$ ), Eficacia de los señuelos aplicados por la Batería SAM contra el misil ( $E_{kc}$ ), Factor de Defensa de la Batería SAM contra el ARM ( $S_{kc}$ ) y el Factor de Defensa de la Batería SAM al utilizar señuelos activos ( $S_t$ ) para distraer a los ARM con blancos alternativos falsos.

Pero como los radares enemigos de las baterías embarcadas SAM, aplican medidas de PE contra los misiles ARM, ahora la probabilidad o Eficacia de Batir un radar de SAM con un misil ARM - P/ Escenario N° 3 es de casi el 25% (23,3% - 0,232) para ambos misiles enemigos, según puede verse en el siguiente cuadro:

<b>Eficacia de batir un sistema SAM ante la Protección Electrónica de los radares enemigos contra misil ARM - P/ Escenario N° 3</b>					
<b>Eficacia de la CME aplicada por la Batería SAM</b>		<b>SEA DART</b>	<b>SEA WOLF</b>	<b>Cantidad de misiles ARM necesarios para batir cada radar de Adquis./ Seguim.</b>	
Hard Kill (abre fuego s/el Misil ARM) (1/10 de RCS)	Ekc	0,001	0,001		
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Eh	0,50	0,50		
<b>Factor de Defensa de la Batería SAM:</b>					
Hard Kill (abre fuego s/el Misil ARM)	Skc	0,99	0,995		
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Sh	0,50	0,50	<b>SEA DART</b>	<b>SEA WOLF</b>
<b>PROBABILIDAD TOTAL DE BATIR EL SAM CON ARM:</b>	<b>Pkt'</b>	<b>0,232</b>	<b>0,233</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>SUPOSICIÓN: la Batería SAM , NO CORTA LA TRANSMISION del Radar Adq./Seg. y COMBATE AL MISIL.</b>					
Fuente: elaboración propia.					

Ilustración N° 20: Eficacia de batir un sistema SAM ante la Protección Electrónica de los radares enemigos contra misil ARM - P/ Escenario N° 3.

Es decir que ahora hacen falta 4 misiles por sistema SAM (y no 2 x SAM) con lo cual se necesitan hasta 8 misiles para destruir ambas baterías embarcadas.

Debemos tener en cuenta que se parte de la suposición que los radares de Adquisición/Seguimiento de las Baterías SAM de la flota, no cortan la transmisión de RF y además combaten al ARM con el lanzamiento del propio misil.

La proporcionalidad de aeronaves SEAD con capacidad de portar misiles ARM, está en función de la efectividad o “Probabilidad Final de Batir un SAM ( $P_k$ )” que posee cada tipo de arma,

la que hemos establecido en 23% por misil lanzado para el MMP, con lo cual harían falta 4 ARM para garantizar la destrucción de cada radar de control de fuego atacado. Por lo que serían necesario al menos 8 ARM por ataque o Salida de Combate para batir dos radares; si cada aeronave porta 2 ARM, se necesitarán al menos de 8 a 10 aeronaves SEAD por misión que representan entre el 9 y 11% de la dotación inicial de 93 aparatos. Cabe aclarar que a medida que se van perdiendo aeronaves del stock inicial por acción de la atrición y al mantenerse constante el número de 8 a 10 aparatos SEAD por cada misión, la proporcionalidad de este tipo de aviones lógicamente aumentará.

### **Análisis de la efectividad de la Alerta Temprana del Sistema de Defensa Aérea Integrado británico en el CAS**

Para completar la modelización sobre la base de los resultados finales del Escenario N° 1 que se dieron en el CAS, alcanzado por el análisis ya presentado; y teniendo además la “Probabilidad de persecución y destrucción del Misil ( $P_{ka}$ )” de los 3 SAM calculados a través del análisis del conflicto; debemos ahora inferir los valores de las “Probabilidades de Detección Radar de Alerta Temprana ( $P_s$ )”; de “Detección del Radar de Adquisición ( $P_a$ )” y la de “Seguimiento para el Guiado de Misil ( $P_l$ )”.

Partiendo de una situación ideal sobre una Relación Señal/Ruido (SNR) Mínima Típica de 14,4 dB y una Probabilidad CFAR<sup>94</sup> ( $P_n$ ) de  $10^{-6}$  (Naval Air Warfare Center, 1999, pp. 5-2.3), podemos determinar que un radar militar tendrá un valor casi óptimo estándar de Probabilidad de Detección ( $P_d$ ) del 99% (0,99) para detectar un blanco real (ver Ilustración N° 21).

Partiendo de este valor ideal del 99% de  $P_d$  y degradando la efectividad de los radares embarcados en función de la baja “Probabilidad de Destrucción del Misil” ( $P_{ka}$ ) de 0,25 del AIM-9L; 0,09 del “Sea Dart” y de 0,05 del “Sea Wolf” demostrada realmente en el conflicto y que las probabilidades estimadas de detección de los radares de adquisición y de seguimiento de los buques (T-909 y T-910) son muy aproximadas que a la probabilidad del radar de Alerta Temprana T-965, podemos concluir que el radar “Blue Fox” de los “Sea Harrier” poseía una probabilidad de detección más alta que el T-965 de alerta temprana.

Tenemos que destacar que en condiciones normales de atmósfera estándar, los valores normales presentados por la generalidad de los constructores de radar, las Probabilidad de Detección ( $P_d$ ) se encuentran entre 0,80 y 0,90 aproximadamente para una CFAR de  $1 \times 10^{-6}$  y 12 dB de Relación Señal/Ruido (SNR), según la Ilustración N° 21 (Kuizhi, Shichun, & Changyong, 2015).

---

<sup>94</sup> CFAR, acrónimo de Constant False Alarm Rate (Tasa de Falsa Alarma Constante).



## **Anexo 6 – Redefinición de los Escenarios N° 2 y N° 3 del Modelo “Neri” de DAI para una amenaza Tipo II – Potencia Militar de Ultramar**

Se parte de la premisa que un Escenario N° 1 - Operación Aérea Ofensiva con aeronaves sin equipamiento de Guerra Electrónica tomado como base el Conflicto del Atlántico Sur, no volverá a repetirse en una futura batalla aérea y/o aeronaval por parte del Poder Aéreo Militar de nuestro país; por lo tanto el nuevo escenario base en el futuro deberá ser el N° 2 con aeronaves equipadas con SAI de GE.

Escenario Actual N° 2 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves equipadas con sistemas de Guerra Electrónica.

La Flota Naval Tipo II, basa su Defensa Aérea de Área en sus ocho naves principales, un Portaviones (convencional) y 6 destructores misilísticos, equipadas y estandarizadas cada una con un Radar Alerta Multifunción AESA (tipo “Sampson”) y un segundo radar mixto de Alerta Temprana y Control de Fuego (tipo Thales 1850M), ambos con alcances de hasta 220 Nm y asociados a 48 misiles SAM de guiado radáricos con Sistema de Lanzamiento Vertical (VLS) y de disparos múltiples que poseen un alcance contra blancos aéreos de hasta 64 Nm (tipo “Aster 30”); más del doble que el misil “Sea Dart” de 27 Nm utilizado en el CAS por el Reino Unido en 1982.

El resto de las unidades navales, 16 Fragatas Antisubmarinas y 2 Buques de Desembarco Anfibia, están protegidos por un sistema de Defensa Aérea Puntual también estandarizado, basado en el SAM VLS de 15 Nm (tipo “Sea Ceptor”) se encuentra asociado a los radares mixtos de Alerta Temprana Aérea y Control de Fuego 3D de 110 Nm (tipo “Artisan”); según el tipo de nave pueden equipar entre 36 y 48 SAM listos para su entrada en combate.

La defensa aérea activa con medios aéreos de la amenaza Tipo II, estará a cargo de Aeronaves Furtivas Multirol de V Gen. monomotor, que conforman un Grupo Aéreo Embarcado de hasta 48 aparatos equipados con un avanzado misil todo tiempo del tipo “BVR - dispara y olvida” de 86 Nm de máximo alcance (tipo AIM-120 AMRAAM<sup>95</sup>), utiliza un radar multifunción de barrido electrónico de muy alto rendimiento contra interferidores activos, con un alcance efectivo estimado entre 100 y 110 Nm (p/blancos de 5m<sup>2</sup>) del tipo APG-81.

Las “Variables Ofensivas” del SDA de la amenaza Tipo II está dada ahora por los misiles tipo AIM-120 AMRAAM de los aviones multirol de guiado radar y activo BVR; y los SAM

---

<sup>95</sup> AMRAAM, acrónimo en inglés de Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile (Misil Aire-Aire Avanzado de Alcance Medio).

embarcados “Aster 30” (64 Nm) y el “Sea Ceptor” (15 Nm), ambos del tipo VLS de lanzamiento múltiple y guiado radar y activo.

Para este segundo escenario actualizado (2da. parte de la “Defensiva SAM”); también se agregaron las “Variables Defensivas” a nuestra fuerza de ataque; todas nuestras aeronaves cuentan con un completo SAI que aplicarán medidas de AE y AE para afectar la capacidad electrónica de detección de aeronaves de los radares y sistemas de guiado de los misiles enemigos, a implementarse en los Escenario N° 2 y N° 3 inclusive:

Reestimación de la Eficacia Individual del Ataque Electrónico (EA) contra los Sistemas de Misiles y sus sistemas de radares asociados y Seeker - P/ ESCENARIOS N° 2 y N° 3 (GE y GE+SEAD) en un MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO III.												
Sistema de Misiles		AIM-120			ASTER 30				SEA CEPTOR			
Eficacia Individual de EA:		Radar Sampson (EW)	Radar APG-81	Misil AIM-120	Radar Sampson (EW)	Radar Th-1850M (Adq.)	Radar Th-1850M (Seg.)	Misil ASTER 30	Radar T-997 (EW)	Radar T-997 (Adq.)	Radar T-997 (Seg.)	Misil Sea Ceptor
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs											
Dispensador Chaff/Flare:	Di	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Interferidor Ruido/Engaño:	Jm	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
<b>Eficacia Individual de EA:</b>		<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>

Fuente: elaboración propia.

Ilustración N° 23: Reestimación de la Eficacia Individual del Ataque Electrónico (EA) contra los Sistemas de Misiles y sus sistemas de radares asociados y Seeker - P/ ESCENARIOS N° 2 y N° 3 (GE y GE+SEAD) en un MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO II.

Escenario N° 3 – Operación Aérea Ofensiva con aeronaves equipadas con sistemas de Guerra Electrónica y Operaciones SEAD (sobre radares de superficie).

El tercer escenario actual (1ra parte de la “Ofensiva SEAD”) completa también la defensa de las aeronaves atacantes a través de una ofensiva SEAD de Ataque Electrónico con ARM. contra los radares de guiado de misiles enemigos instalados en los buques, con el objetivo de eliminar los dos sistemas de radar para el guiado de los SAM tipos “Aster 30” y “Sea Ceptor”.

Se reestimaron nuevos valores probabilísticas teniendo en cuenta misiles ARM más precisos que los viejos AGM-45 “Shrike” y sistemas de RWR de las aeronaves también más avanzados (sensibles) que permitan la detección y el lanzamiento del ARM ( $P_s$ ), la adquisición del radar del SAM ( $P_m$ ), el seguimiento de la señal emitida por el Radar del SAM ( $P_h$ ) y la probabilidad de Destrucción del Radar del SAM por parte del ARM ( $P_{ka}$ ):

Reestimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESCENARIO N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sistemas SAM, en un MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO III.			
Probabilidades de batir el misil:		ASTER 30	SEA CEPTOR
Detección por RWR y lanzamiento Misil ARM:	$P_s$	0,99	0,99
Adquisición del Radar SAM por Misil ARM:	$P_m$	0,99	0,99
Seguimiento del Seeker del Misil ARM:	$P_h$	0,85	0,85
Destrucción del Radar SAM por el Misil ARM:	$P_{ka}$	0,85	0,85
<b>PROBABILIDAD DE BATIR EL SAM:</b>		<b>0,708</b>	<b>0,708</b>

Fuente: elaboración propia.

Ilustración N° 24: Reestimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESC. N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sistemas SAM, en un MMP – ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO III.

Ahora las Probabilidades de Batir un SAM con un ARM más efectivo, aumentó del anterior 46,9%) del MMP inicial a un 70,8% del actual, con lo que sería necesario lanzar ya no 2 misiles por cada SAM para batir el radar, sino 1 ARM (ver Ilustración N° 24) siempre y cuando el SAM no aplicara medidas de EP defensivas contra los ARM atacantes, como señuelos, interferencia, etc.

Pero asumiendo que las baterías SAM reaccionan ante un ataque SEAD con ARM (2da parte de la “Ofensiva SEAD”), recalculamos las probabilidades para radares más duros y robustos electrónicamente ante este tipo de amenaza, por lo cual en el tercer escenario actualizado las “Variables Defensivas de Radares Enemigos” contra los ARM lanzados por nuestros aviones son las siguientes:

Reestimación de la eficacia de batir un sistema SAM ante la Protección Electrónica de los radares enemigos contra misil ARM - P/ Escenario N° 3 FUTURO, en un MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO III.					
Eficacia de la CME aplicada por la Batería SAM		ASTER 30	SEA CEPTOR	Cantidad de misiles ARM necesarios para batir cada radar de Adquis./ Seguíam.	
Hard Kill (abre fuego s/el Misil ARM) (1/10 de RCS)	Ekc	0,014	0,018		
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Eh	0,30	0,30		
Factor de Defensa de la Batería SAM:					
Hard Kill (abre fuego s/el Misil ARM)	Skc	0,99	0,982		
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Sh	0,70	0,70	ASTER 30	SEA CEPTOR
<b>PROBABILIDAD TOTAL DE BATIR EL SAM CON ARM:</b>	Pkt'	<b>0,489</b>	<b>0,487</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>SUPOSICIÓN: la Batería SAM , NO CORTA LA TRANSMISION del Radar Adq./Seg. y COMBATE AL MISIL.</b>					
Fuente: elaboración propia.					

Ilustración N° 25: Reestimación de la Probabilidades y Eficacia para los misiles ARM - P/ ESCENARIO N° 3 (GE+SEAD) sin Protección Electrónica de los Sist. SAM, en un MMP - ESCENARIO ACTUAL - Amenaza TIPO II.

Para un actualizado Escenario N° 3, ahora hacen falta solo 2 misiles por SAM frente a los 4 ARM del primer modelo por sistema cada SAM que antes habíamos calculado para destruir ambas baterías de superficie. Cabe aclarar nuevamente que se parte del supuesto que los radares de Adquisición/Seguimiento embarcados, no cortan la transmisión de RF y además combaten al ARM con el lanzamiento del propio misil.

### Reanálisis de la efectividad de la Alerta Temprana del Sistema de Defensa Aérea Integrado de una Amenaza TIPO II para el MMP

Para recalcular esta modelización sobre la base de los resultados finales del Escenario N° 2 debemos ahora reinferir los valores de las “Probabilidades de Detección Radar de Alerta Temprana ( $P_s$ )”; de “Detección del Radar de Adquisición ( $P_a$ )” y de “Seguimiento para el Guiado de Misil ( $P_t$ )” teniendo en cuenta que los tres sistemas SAM son de guiado EM ya sea por radar o por

cabeza radárico activa del misil del tipo “dispara y olvida” involucrados en la redefinición del modelo.

Los valores más altos que para el CAS, ahora obedecen a radares que en la práctica son más efectivos y eficientes que los de las décadas de los años 70 y 80 utilizados en el CAS; dada por la mayor sensibilidad de la cadena de recepción, mayor velocidad del procesamiento monopulso de blancos, progresos en la técnica de Seguimiento Monopulso, mejoras en la supresión de interferencias electrónicas, etc., según el siguiente cuadro:

<b>Reestimación de Probabilidades de Detección de los Radares Asociados y Seeker para los SDA enemigos para el MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO III.</b>							
<b>Sistema de Misiles</b>		<b>AIM-120</b>		<b>ASTER 30</b>		<b>SEA CEPTOR</b>	
Detección Radar EW:	Ps	Sampson	0,70	Sampson	0,85	T-997	0,85
Detección Radar Adquisición:	Pa	APG-81	0,65	Th-1850M	0,70		0,70
Seguimiento P/Guiado Misil:	Pt	Seeker	0,60		0,60		0,60
Destrucción Misil:	Pka	Espoleta	0,50	Espoleta	0,50	Espoleta	0,50

Fuente: elaboración propia.

Ilustración N° 26: Reestimación de Probabilidades de Detección de los Radares Asociados y Seeker para los SDA enemigos para el MMP - ESCENARIO ACTUAL de una Amenaza TIPO II.

# Anexo 7 – Modelo Matemático Probabilístico de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional (Caso Testigo) – Desarrollo y Resultados.

MODELO MATEMATICO PROBABILISTICO DE DEFENSA AEREA INTEGRADA DEL TIPO CONVENCIONAL (CASO TESTIGO)														
DEFENSIVA SAM - 1ra PARTE			SIN GUERRA ELECTRONICA				CON GUERRA ELECTRONICA				C/GUERRA ELECTRONICA Y OPERAC. SEAD			
1) PROBABILIDAD DE DERRIBO DE LAS ARMAS ANTIAEREA			Escenario Nº 1:				Escenario Nº 2:				Escenario Nº 3:			
DATOS INICIALES - DERRIBOS DEL SISTEMA DE DEFENSA AEREA			17	7	4									
Probabilidades de:			AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF			
Detección Radar EW:	Ps		0.55	0.55	0.60	0.55	0.55	0.60	0.55	0.55	0.60			
Detección Radar Adquisición:	Pa		0.60	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50			
Seguimiento P/Guiado Misil:	Pt		0.50	0.45	0.40	0.50	0.45	0.40	0.50	0.45	0.40			
Destrución Misil:	Pka		0.25	0.09	0.05	0.25	0.09	0.05	0.25	0.09	0.05			
Tasa de ATRICION INDIVIDUAL del Sarm:			0.041	0.011	0.006	0.041	0.011	0.006	0.041	0.011	0.006			
Tasa de ATRICION TOTAL de la D.A.:			Pkt	0.057		0.057			0.057					
SUPOSICION: Tasa de ATRICION (Ar) = Tasa de Derribo Total (Pkt)														
2) FUERZAS REMANENTES DESPUES DE LAS MISIONES DE ATAQUE - SIN GUERRA ELECTRONICA														
PROMEDIO SALIDAS DE COMBATE DIARIAS EN MALVINAS	n		11			11			11					
PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES:	Qn		0.522			0.522			0.522					
FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles:	N		93			93			93					
FUERZA REMANENTE luego de n Misiones:	Nr		49			49			49					
MODELO OFENSIVO SEAD														
3) EFICACIA DE LA GUERRA ELECTRONICA - P/ ESCENARIOS Nº 2 y Nº 3														
a) Eficacia Individual (MAE y EA)														
Sarm 1 - AIM-9L														
Eficacia Individual del EA:			AIM-9L				AIM-9L				AIM-9L			
Radar T-965 (EW)	Rr		Radar T-965 (EW)	Radar Blue Fox	Misil AIM-9L	Radar T-965 (EW)	Radar Blue Fox	Misil AIM-9L	Radar T-965 (EW)	Radar Blue Fox	Misil AIM-9L			
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98			
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs		0.55	0.45	0.40	0.55	0.45	0.40	0.55	0.45	0.40			
Dispensador Chaff/Flare:	Di		0.65	0.55		0.65	0.55		0.65	0.55				
Interferidor Ruido/Enaño:	Jm		0.00	0.00	0.00	0.35	0.24	0.59	0.35	0.24	0.59			
Sarm 2 - SEA DART														
Eficacia Individual de EA:			SEA DART				SEA DART				SEA DART			
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr		Radar T-965 (EW)	Radar T-909 (Adq.)	Radar T-909 (Seg.)	Misil Sea Dart	Radar T-965 (EW)	Radar T-909 (Adq.)	Radar T-909 (Seg.)	Misil Sea Dart	Radar T-965 (EW)	Radar T-909 (Adq.)	Radar T-909 (Seg.)	Misil Sea Dart
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	
Dispensador Chaff/Flare:	Di		0.55	0.40	0.45	0.45	0.55	0.45	0.55	0.45	0.55	0.45	0.45	
Interferidor Ruido/Enaño:	Jm		0.65	0.60	0.15	0.15	0.65	0.60	0.15	0.15	0.65	0.60	0.15	
Sarm 3 - SEA WOLF														
Eficacia Individual de EA:			SEA WOLF				SEA WOLF				SEA WOLF			
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr		Radar T-968 (EW)	Radar T-910 (Adq.)	Radar T-910 (Seg.)	Misil Sea Wolf	Radar T-968 (EW)	Radar T-910 (Adq.)	Radar T-910 (Seg.)	Misil Sea Wolf	Radar T-968 (EW)	Radar T-910 (Adq.)	Radar T-910 (Seg.)	Misil Sea Wolf
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	
Dispensador Chaff/Flare:	Di		0.55	0.45	0.50	0.45	0.55	0.45	0.55	0.45	0.55	0.45	0.45	
Interferidor Ruido/Enaño:	Jm		0.65	0.65	0.20	0.30	0.65	0.65	0.20	0.30	0.65	0.65	0.20	
b) Eficacia Conjunta ESM y EA (Sarm. 1, 2 y 3)														
Eficacia Conjunta del EA:			AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF			
Contra Radar EW:	Es		0.00	0.00	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35			
Contra Radar Adquisición:	Ea		0.00	0.00	0.00	0.24	0.24	0.29	0.24	0.24	0.29			
Contra Seguimiento P/Guiado Misil:	Et		0.00	0.00	0.00	0.24	0.07	0.10	0.24	0.07	0.10			
Contra Seguimiento del Misil:	Em		0.00	0.00	0.00	0.59	0.06	0.13	0.59	0.06	0.13			
c) Factor de Supresión Conjunta sobre los Sarm. 1, 2 y 3.														
Factor de Supresión sobre el:			AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF			
Radar EW:	Ss		1.00	1.00	1.00	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65			
Radar Adquisición:	Sa		1.00	1.00	1.00	0.76	0.76	0.71	0.76	0.76	0.71			
Radar Seguimiento P/Guiado Misil:	St		1.00	1.00	1.00	0.76	0.93	0.90	0.76	0.93	0.90			
Seguimiento del Misil:	Ska		1.00	1.00	1.00	0.41	0.94	0.87	0.41	0.94	0.87			
4) PROBABILIDAD DE DERRIBO DE LAS ARMAS ANTIAEREA EN MALVINAS														
Escenario Nº 1:														
Probabilidades de:			AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF	AIM-9L	SEA DART	SEA WOLF			
Detección Radar EW:	Ps'		0.55	0.55	0.60	0.36	0.36	0.39	0.36	0.36	0.39			
Detección Radar Adquisición:	Pa'		0.60	0.50	0.50	0.45	0.38	0.36	0.45	0.38	0.36			
Seguimiento P/Guiado Misil:	Pt'		0.50	0.45	0.40	0.38	0.42	0.36	0.38	0.42	0.36			
Destrución Misil:	Pka'		0.25	0.09	0.05	0.10	0.09	0.04	0.10	0.09	0.04			
PROBABILIDAD DE DERRIBO Sarm CON G.E.:			0.041	0.011	0.006	0.006	0.005	0.002	0.006	0.005	0.002			
Tasa de ATRICION TOTAL CON G.E. de la D.A.:			Pkt'	5.7%		1.32%			0.63%					
SUPOSICION: Tasa de Atrición (Ar) = Tasa de Derribo Total (Pkt)														
5) PROBABILIDAD DE SUPRIMIR UNA DEFENSA AEREA ENEMIGA CON MISILES ARM - P/ ESCENARIO Nº 3														
Probabilidades de:			SEA DART	SEA WOLF										
Detección por RWR y lanzamiento Misil ARM:	Ps		0.98	0.98										
Adquisición del Radar SAM por Misil ARM:	Pm		0.85	0.85										
Seguimiento del Seeker del Misil ARM:	Ph		0.75	0.75										
Destrución del Radar SAM por el Misil ARM:	Pka		0.75	0.75										
PROBABILIDAD INICIAL DE BATIR EL SAM CON ARM:			Pks	0.469	0.469									
SUPOSICION: El Radar Adq./Seg. de la Batería SAM, NO CORTA LA TRANSMISION														
DEFENSIVA SAM - 2da. PARTE														
6) DEFENSA ELECTRONICA DE RADARES ENEMIGOS CONTRA MISIL ARM - P/ ESCENARIO Nº 3														
Eficacia del EA aplicado por la Batería SAM			SEA DART	SEA WOLF										
Hard Kill (abre fuego s/ el Misil ARM) (1/10 de RCS)	Ekc		0.001	0.001										
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Eh		0.50	0.50										
Factor de Defensa de la Batería SAM:														
Hard Kill (abre fuego s/ el Misil ARM)	Skc		0.99	0.995										
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Sh		0.50	0.50										
PROBABILIDAD FINAL DE BATIR EL SAM CON ARM, LUEGO DE G.E.:			Pks	0.232	0.233									
SUPOSICION: La Batería SAM, NO CORTA LA TRANSMISION del Radar Adq./Seg. y COMBATE AL MISIL														
RESULTADOS FINALES DEL MMP														
PROMEDIO SALIDAS DE COMBATE POR AERONAVE			Escenario Nº 1:				Escenario Nº 2:				Escenario Nº 3:			
n			11.00			11.00			11.00					
PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES:	Qn'		0.522			0.364			0.333					
FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles:	N		93			93			93					
FUERZA REMANENTE luego de n Misiones:	Nr'		49			80			87					
Número de Aeronaves SALVADAS (S) CON G.E.:	Nr-Nr'		0			32			38					
Total de Salidas de Combate Posibles	np		1.023			1.023			1.023					
Salidas De Combate Exitosas	ne		534	52%		883	86%		954	93%				
7) EL FACTOR MULTIPLICADOR DE FUERZAS DE LA GUERRA ELECTRONICA														
FACTOR DE MULTIPLICACION DE LA G.E.:			M	0.00		1.34			1.41					

Fuente: elaboración propia sobre la base del Modelo "Neri" adaptado de Defensa Aérea Integrada del tipo convencional.

# Anexo 8 – Modelo Matemático Probabilístico de Defensa Aérea Integrada del tipo Convencional (Escenario Actual) – Desarrollo y Resultados.

REDEFINICIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO PROBABILÍSTICO DE DEFENSA AEREA INTEGRADA DEL TIPO CONVENCIONAL (ESCENARIO ACTUAL)														
DEFENSIVA SAM - 1ra. PARTE			SIN GUERRA ELECTRONICA			CON GUERRA ELECTRONICA			C/GUERRA ELECTRONICA Y OPERAC. SEAD					
1) PROBABILIDAD DE DERRIBO DE LAS ARMAS ANTIAEREA			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Probabilidades de:			AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR	AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR	AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR			
Detección Radar EW:	Ps		0.70	0.85	0.85	0.70	0.85	0.85	0.80					
Detección Radar Adquisición:	Pa		0.65	0.70	0.70	0.65	0.70	0.70	0.70					
Seguimiento P/Guiado Misil:	Pt		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60					
Destrución Misil:	Pka		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50					
Tasa de ATRICION INDIVIDUAL del Sarm:			0.137	0.179	0.179	0.137	0.179	0.179	0.166	0.000	0.000			
Tasa de ATRICION TOTAL de la D.A.:			Pkt 42%			42%			17%					
SUPOSICION: Tasa de ATRICION (Ar) = Tasa de Derribo Total (Pkt)														
2) FUERZAS REMANENTES DESPUES DE LAS MISIONES DE ATAQUE - SIN GUERRA ELECTRONICA			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
PROMEDIO SALIDAS DE COMBATE DIARIAS	n		50			50			50					
PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES:	Qn		0.000			0.000			0.000					
FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles:	N		135			135			135					
FUERZA REMANENTE luego de n Misiones:	Nr		0			0			0					
MODELO OFENSIVO SEAD			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
3) EFICACIA DE LA GUERRA ELECTRONICA - P/ ESCENARIOS Nº 2 y Nº 3			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
a) Eficacia Individual (MAE y EA)			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Sarm 1 - AIM-120 (EM)			AAM (EM) - AIM-120			AAM (EM) - AIM-120			AAM (EM) - AIM-120					
Eficacia Individual del EA:			Radar EW	Radar Intercept. Ae.	Misil EM	Radar EW	Radar Intercept. Ae.	Misil EM	Radar EW	Radar Intercept. Ae.	Misil EM			
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr					0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98			
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs													
Dispensador Chaff/Flare:	Di					0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
Interferidor Ruido/Engaño:	Jm					0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85			
			0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62			
Sarm 2 - SAM 1 (EM) - ASTER 30			SAM 1 (EM) - ASTER 30			SAM 1 (EM) - ASTER 30			SAM 1 (EM) - ASTER 30					
Eficacia Individual del EA:			Radar EW	Radar Adq. 1	Radar Seg. 1	Misil EM 1	Radar EW	Radar Adq. 1	Radar Seg. 1	Misil EM 1	Radar EW	Radar Adq. 1	Radar Seg. 1	Misil EM 1
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr						0.98	0.98	0.98	0.98	0.98			
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs													
Dispensador Chaff/Flare:	Di						0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
Interferidor Ruido/Engaño:	Jm						0.85	0.85	0.85	0.85	0.85			
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.00	0.00	0.00
Sarm 3 - SAM 2 (EM) - SEA CEPTOR			SAM 2 (EM) - SEA CEPTOR			SAM 2 (EM) - SEA CEPTOR			SAM 2 (EM) - SEA CEPTOR					
Eficacia Individual del EA:			Radar EW	Radar Adq. 2	Radar Seg. 2	Misil EM 2	Radar EW	Radar Adq. 2	Radar Seg. 2	Misil EM 2	Radar EW	Radar Adq. 2	Radar Seg. 2	Misil EM 2
Receptor de Alerta Radar (RWR)	Rr						0.98	0.98	0.98	0.98	0.98			
Receptor de Alerta Lanz. Misil (MLWS)	Rs													
Dispensador Chaff/Flare:	Di						0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
Interferidor Ruido/Engaño:	Jm						0.85	0.85	0.85	0.85	0.85			
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.00	0.00	0.00
b) Eficacia Conjunta ESM y EA (Sarm. 1, 2 y 3)			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Eficacia Conjunta del EA:			AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR	AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR	AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR			
Contra Radar EW:	Es		0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62			
Contra Radar Adquisición:	Ea		0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62			
Contra Seguimiento P/Guiado Misil:	Ei		0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62			
Contra Seguimiento del Misil:	Em		0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62			
c) Factor de Supresión Conjunta sobre los Sarm. 1, 2 y 3.			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Factor de Supresión sobre el:			AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR	AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR	AIM-120	ASTER 30	S.CEPTOR			
Radar EW:	Ss		1.00	1.00	1.00	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38			
Radar Adquisición:	Sa		1.00	1.00	1.00	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38			
Radar Seguimiento P/Guiado Misil:	St		1.00	1.00	1.00	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38			
Seguimiento del Misil:	Ska		1.00	1.00	1.00	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38			
4) PROBABILIDAD DE DERRIBO DE LAS ARMAS ANTIAEREA			SIN GUERRA ELECTRONICA			CON GUERRA ELECTRONICA			C/GUERRA ELECTRONICA Y OPERAC. SEAD					
Probabilidades de:			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Detección Radar EW:	Ps'		0.70	0.85	0.85	0.26	0.32	0.32	0.26					
Detección Radar Adquisición:	Pa'		0.65	0.70	0.70	0.24	0.26	0.26	0.26					
Seguimiento P/Guiado Misil:	Pt'		0.60	0.60	0.60	0.23	0.23	0.23	0.23					
Destrución Misil:	Pka'		0.50	0.50	0.50	0.19	0.19	0.19	0.19					
PROBABILIDAD DE DERRIBO Sarm CON G.E.:			0.137	0.179	0.179	0.003	0.004	0.004	0.003					
Tasa de ATRICION TOTAL CON G.E. de la D.A.:			Pkt' 41.7%			0.98%			0.33%					
SUPOSICION: Tasa de Atrición (Ar) = Tasa de Derribo Total (Pkt)														
5) PROBABILIDAD DE SUPRIMIR UNA DEFENSA AEREA ENEMIGA CON MISILES ARM - P/ ESCENARIO Nº 3			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Probabilidades de:			ASTER 30	S.CEPTOR		ASTER 30	S.CEPTOR		ASTER 30	S.CEPTOR				
Detección por RWR y lanzamiento Misil ARM:	Ps		0.99	0.99		0.99	0.99		0.99	0.99				
Adquisición del Radar SAM por Misil ARM:	Pm		0.99	0.99		0.99	0.99		0.99	0.99				
Seguimiento del Seeker del Misil ARM:	Ph		0.85	0.85		0.85	0.85		0.85	0.85				
Destrución del Radar SAM por el Misil ARM:	Pka		0.85	0.85		0.85	0.85		0.85	0.85				
PROBABILIDAD DE BATIR EL SAM CON ARM:			0.708	0.708		0.708	0.708		0.708	0.708				
SUPOSICION: El Radar Adq./Seg. de la Bateria SAM, NO CORTA LA TRANSMISION														
DEFENSIVA SAM - 2da. PARTE			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
6) DEFENSA ELECTRONICA DE RADARES ENEMIGOS CONTRA MISIL ARM - P/ ESCENARIO Nº 3			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
Eficacia de EA aplicada por la Bateria SAM			ASTER 30	S.CEPTOR		ASTER 30	S.CEPTOR		ASTER 30	S.CEPTOR				
Hard Kill (abre fuego s/el Misil ARM) (1/10 de RCS)	Ekc		0.014	0.018		0.014	0.018		0.014	0.018				
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Eh		0.30	0.30		0.30	0.30		0.30	0.30				
Factor de Defensa de la Bateria SAM:														
Hard Kill (abre fuego s/el Misil ARM)	Skc		0.99	0.982		0.99	0.982		0.99	0.982				
Soft Kill (utiliza señuelos activos)	Sh		0.70	0.70		0.70	0.70		0.70	0.70				
PROBABILIDAD TOTAL DE BATIR EL SAM CON ARM:			0.489	0.487		0.489	0.487		0.489	0.487				
SUPOSICION: La Bateria SAM, NO CORTA LA TRANSMISION del Radar Adq./Seg. y COMBATE AL MISIL														
RESULTADOS FINALES DEL MMP			SIN GUERRA ELECTRONICA			CON GUERRA ELECTRONICA			C/GUERRA ELEC. Y OPERACIONES SEAD					
Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:			Escenario Nº 3:					
PROMEDIO SALIDAS DE COMBATE POR AERONAVE	n		50			50			50					
PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA P/ n MISIONES:	Qn'		0.000			0.613			0.846					
FUERZA TOTAL de Aeronaves disponibles:	N		135			135			135					
FUERZA REMANENTE luego de n Misiones:	Nr		0			83			114					
Número de Aeronaves SALVADAS (S) CON G.E.:	Nr-Nr'		0			83			114					
Total de Salidas de Combate Posibles	np		6.750			6.750			6.750					
Salidas De Combate Exitosas	ne		0	0%		4.135	61%		5.713	85%				
7) EL FACTOR MULTIPLICADOR DE FUERZAS DE LA GUERRA ELECTRONICA			Escenario Nº 1:			Escenario Nº 2:			Escenario Nº 3:					
FACTOR DE MULTIPLICACION DE LA G.E.:	M		0.00			1.61			1.85					

Fuente: elaboración propia sobre la base del Modelo "Neri" adaptado de Defensa Aérea Integrada del tipo convencional.

## Anexo 9 – Modelo de Lawrence Hollett para cálculos de salidas de combate (Sortie Rate)

J. Lawrence Hollett, integrante de la Corporación RAND, confeccionó un modelo de cálculo de la Tasa de Salidas Diarias para aviones F-15 y F-16 de la USAF; basado en un estudio de datos de recuperación de Boeing Corporation para sus B-737. El modelo relaciona el tiempo de mantenimiento, el de la partida y la duración de la salida de combate (Stillion & Orletsky, 1999); Lawrence Hollett estimó que el tiempo de Recuperación de una Aeronave (F-15/F-16) era de 180 minutos aproximadamente para realizar las siguientes acciones:

Tiempo de Recuperación de una Aeronave de Combate (USAF) según J. Lawrence Hollett en 1995. (Turn Around Time - TAT) - Acciones principales	Tiempo promedio (minutos)
Aterrizaje y taxi	10
Medidas de seguridad para operaciones en tierra	5
Apagado de los Sistemas	2
Inspección/informe posterior al vuelo	15
Rearmado	50
Servicio de Mantenimiento	20
Reabastecimiento de combustible	30
Inspección previa al vuelo	15
Arranque del motor	5
Verificación final de los sistemas	5
Armado	5
Taxi	10
Espera en la cola para despegue	5
Despegue	3
<b>Tiempo Total:</b>	<b>180</b>

Nota: Estos tiempos de respuesta representan el rendimiento típico del Personal de Mantenimiento de la USAF en ejercicios de fuerza laboral realizado a fines de los años ochenta y principios de los noventa, según lo determinado a través de entrevistas al personal senior de mantenimiento de los sistemas F-15 y F-16 por J. Lawrence Hollett en 1995.

Ilustración N° 27: Tiempo de Recuperación de una Aeronave de Combate (USAF) de J. Lawrence Hollett en 1995.

El método utiliza, la distancia a los objetivos materiales a batir, la velocidad del avión, las bases aéreas disponibles y los tiempos técnicos para recuperar cada aeronave antes de una nueva salida de combate:

Modelo de Tasa de Salidas de Combate para Aeronaves Militares de J. Lawrence Hollett (1995) (Sortie-Rate Model).		
<b>FT = 2 × Distancia al blanco / Velocidad crucero promedio</b>	<b>2</b>	<b>horas</b>
Distancia al Blanco - Distance To Target (DTT)	500	Nm
Velocidad Tiempo Promedio - Average Cruise Speed (ACS)	500	Knts
<b>MT = 3,4 hora + 0,68 . FT</b>	<b>4,76</b>	<b>horas</b>
Horas de MT promedio de las Aeronaves	3,4	hora
Hora de MT por cada salida	0,68	hora
<b>TAT - Tiempo de Recuperación</b>	<b>3</b>	<b>horas</b>
Tiempo de Recuperación (Turn Around Time - TAT)	180	minutos
<b>Tiempo Total de Recuperación (FT + MT + TAT):</b>	<b>9,76</b>	<b>horas</b>
<b>Sortie Rate (SR) = 24 Horas / (FT + MT + TAT)</b>	<b>SR=</b>	<b>2,50</b>

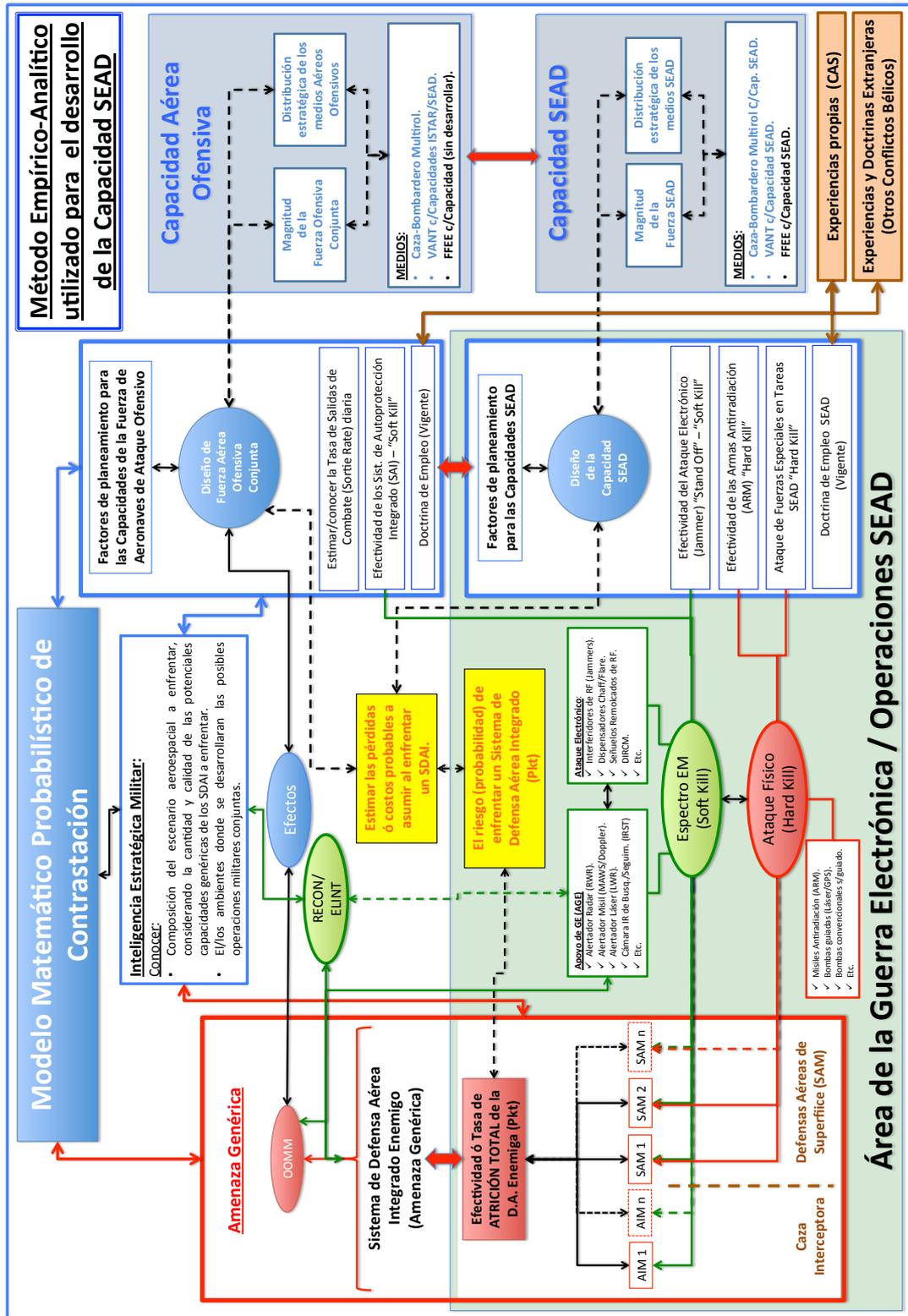
Nota: FT (Flight Time - Tiempo de Vuelo); MT (Maintenance Time - Tiempo de Mantenimiento).

Ilustración N° 28: Modelo de Tasa de Salida de Combate de J. Lawrence Hollett (1995).

## Anexo 10 – Las posibles Amenazas Genéricas a enfrentar - Análisis cuantitativo

Amenazas Genéricas - Sistemas de Defensa Aéreo Integrado	Amenaza Tipo III (Reg./Continental)	Amenaza Tipo II (Ultramar)
<b>1 - SISTEMAS DE DEFENSA Y SUPERIORIDAD AEREA</b>		
<b>Capacidad de Defensa Aérea</b>		
Aeronaves de Defensa/Ofensiva Superioridad Aérea (Multirol)	36	48
Aeronaves de Defensa/Ofensiva Aérea (Multirol)	47	
<b>SISTEMAS DE DEFENSA Y SUPERIORIDAD AEREA - Subtotal:</b>	<b>83</b>	<b>48</b>
<b>2 - SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE ARMAS AÉREAS Y ANTIAEREAS</b>		
<b>Radares Aerotransportados</b>		
Alerta Temprana y Control Aerotransportado (AEW&C)	5	4
<b>Subtotal:</b>	<b>5</b>	
<b>Radares Terrestres</b>		
Radar Alerta Temprana Aérea 3D- Largo Alcance	3	2
Radar Alerta Temprana Aérea 2D - Largo Alcance	14	
Radar Alerta Temprana Aérea 2D - Medio Alcance		
Radar Alerta/Tráfico Aéreo - Medio Alcance	6	
Radar Secundario Tráfico Aéreo - Largo Alcance		
Radar Secundario Tráfico Aéreo - Medio Alcance		
<b>Subtotal:</b>	<b>23</b>	<b>2</b>
Radar Alerta Temprana de AAA - Medio Alcance	33	3
Radar Alerta Temprana de AAA - Corto Alcance		
<b>Subtotal:</b>	<b>33</b>	<b>3</b>
<b>Radares y Cámaras EO/IR Navales</b>		
Radar Alerta Temprana Aérea	13	
Radar Alerta Temprana Aérea y Control de Fuego AA	1	32
Radar de Control de Fuego AA	15	16
Cámara EO/IR (Asociado a AAA)	15	52
<b>Subtotal:</b>	<b>44</b>	<b>100</b>
<b>SIS. ALERTA TEMP., SEG. Y CTL ARMAS AÉ. Y AA - Subtotal:</b>	<b>100</b>	<b>105</b>
<b>3 - ARMAS ANTIAEREAS</b>		
<b>SAM Terrestres/Navales</b>		
SAM Largo Alcance		6
SAM Medio Alcance	4	21
SAM Corto Alcance	5	
<b>Subtotal:</b>	<b>9</b>	<b>27</b>
<b>MANPADS Terrestres</b>		
MANPADS Octupletubo		20
MANPADS Cuatritubo		
MANPADS Tritubo		72
MANPADS Bitubo	3	
MANPADS Monotubo	144	
<b>Subtotal:</b>	<b>147</b>	<b>92</b>
<b>ARMAS ANTIAEREAS MISILES - Total:</b>	<b>156</b>	<b>119</b>
<b>AAA de Tubo Terrestres/Navales</b>		
114 mm Monotubo	5	22
76 mm Monotubo		
40 mm Monotubo	45	
35 mm Bitubo	70	
30 mm Monotubo	10	46
20 mm Bitubo		
20 mm CIWS		35
20 mm Monotubo		4
Minigun Cañon x 6 Rotativo 7,62 mm	4	
<b>Subtotal:</b>	<b>134</b>	<b>107</b>
<b>ARMAS ANTIAEREAS DE TUBO - Total:</b>	<b>134</b>	<b>107</b>
Fuente: elaboración propia. (VLS: Vertical Launch System).		

**Anexo 11 – Método Empírico-Analítico utilizado para el desarrollo de la Capacidad de Supresión de Defensas Aéreas Enemigas**



## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

**A-A:** Aire - Aire.

**A-S:** Aire - Superficie.

**A-T:** Aire - Tierra.

**AAA:** Artillería Anti Aérea.

**AAM:** acrónimo en inglés de Air to Air Missile (Misil Aire-Aire).

**ABM:** acrónimo en inglés de Anti Ballistic Missile (Misil Anti Balístico).

**AE:** Ataque Electrónico.

**AESA:** acrónimo en inglés de Active Electronic Scan Radar (Radar de Escaneo Electrónico Activo).

**AEW&C:** acrónimo en inglés de Airborne Early Warning and Control (Alerta Temprana y Control Aerotransportado).

**AFAC:** Apoyo de Fuego Aéreo Cercano.

**AG:** Amenaza Genérica.

**AGE:** Apoyo de Guerra Electrónica.

**ALARM:** acrónimo en inglés de Air Launched Anti-Radiation Missile (Misil Anti-radiación Lanzado por Aire).

**AMI:** Aeronáutica Militar Italiana.

**AMRAAM:** acrónimo en inglés de Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile (Misil Aire-Aire Avanzado de Alcance Medio).

**ARA:** Armada República Argentina.

**ARM:** acrónimo en inglés de Misil Anti-Radiación (Misil Anti-Radiaciones).

**ATF:** acrónimo en inglés de Advanced Tactical Fighter (Caza Táctico Avanzado).

**ATFLIR:** acrónimo en inglés de Advanced Targeting Forward-Looking Infrared (sistema Avanzado de Búsqueda Frontal IR de Blancos).

**ATIRCM:** acrónimo en inglés de Advanced Threat Infrared Countermeasure (Contramedida Avanzada contra Amenazas Infrarrojas).

**AVE:** Alto Valor Estratégico.

**AVN:** Aviación Naval de la Armada Argentina.

**AWACS:** acrónimo en inglés de Airborne, Warning and control System (Sistema Aerotransportado de Alerta y Control).

**BVR:** acrónimo en inglés de Beyond Visual Range (Más allá del Alcance Visual).

**C2:** Comando y Control.

**C3CM:** acrónimo en inglés de Communication, Command and Control - Counter Measure (Contra Medidas a los Sistemas de Comunicaciones, Comando y Control).

**CAS:** Conflicto del Atlántico Sur.

**CE:** Combate Electrónico.

**CFAR:** acrónimo de Constant False Alarm Rate (Tasa de Falsa Alarma Constante).

**CIA:** acrónimo en inglés de Central Intelligence Agency (Agencia Central de Inteligencia).

**CIRCM:** acrónimo en inglés de Common Infrared Countermeasures (Contra medida Infrarroja Común)

**CMWS:** acrónimo en inglés Common Missile Warning System (Sistema Común de Advertencia de Misiles).

**CS:** Capacidad Suficiente.

**CSAR:** acrónimo en inglés de Combat Search and Rescue (Búsqueda y Rescate en Combate).

**CSM:** Crecimiento Sistémico Modular.

**DA:** Defensa Aérea.

**DASS:** acrónimo en inglés de Defensive Aid Sub-System (Subsistema de ayuda defensiva).

**DEW:** acrónimo en inglés de Direct Energy Weapons (Armas de Energía Dirigida).

**DIRCM:** acrónimo en inglés de Directed Infrared Countermeasure (Contra Medida Infrarroja Dirigida).

**DRFM:** acrónimo en inglés de Digital Radio Frequency Memory (Memoria Digital de Radio Frecuencia).

**EEM:** Espectro Electromagnético.

**EEUU:** Estados Unidos.

**ELINT:** acrónimo en inglés de Electronic Intelligence (Inteligencia Electrónica).

**ELOP:** Electro Óptico (Sistemas).

**EM:** Electromagnético.

**EMCO:** Estado mayor Conjunto.

**EO DAS:** acrónimo en inglés de Electro Optical Distributed Aperture System (Sistema Electroóptico de Apertura Distribuida).

**EO/IR:** acrónimo en inglés de Electro-Optical/Infrarrojos (Electroópticos/Infrarrojos).

**EOTS:** acrónimo en inglés de Electro Optical Targeting System (Sistema Electro Óptico de Blancos).

**EW:** acrónimo en inglés de Electronic Warfare (Combate Electrónico).

**FAA:** Fuerza Aérea Argentina.

**FAB:** Fuerza Aérea de Brasil.

**FAI:** Fuerza Aérea Israelí.

**FAOC:** Fuerza Aérea Ofensiva Conjunta.

**FAS:** Fuerza Activa Sustancial.

**FFAA:** Fuerzas Armadas.

**FFEE:** Fuerzas Especiales.

**FLIR:** acrónimo en inglés de Forward Looking Infra Red (Visor Frontal en Infrarrojos).

**Ft:** sigla en inglés de Feet (Pie, unidad de medida).

**GADA:** Grupo de Artillería de Defensa Aérea.

**GE:** Guerra Electrónica.

**GPS:** acrónimo en inglés de Global Position System (Sistema de Posicionamiento Global).

**HAL:** acrónimo en inglés de Hindustan Aeronautics Limited.

**HALE:** acrónimo en inglés de High Altitude Long Endurance (Gran Altitud- Larga Duración).

**HEL:** acrónimo en inglés de High Energy Laser (Láser de Alta Energía).

**HMS:** acrónimo en inglés de Her Magestic Ship (Buque de su Majestad).

**ICBM:** acrónimo en inglés de Inter Continental Ballistic Missile (Misil Balístico Intercontinental).

**IGM:** Primera Guerra Mundial.

**IIGM:** Segunda Guerra Mundial.

**INTEM:** Inteligencia de Emisiones.

**IR:** Infrarrojo.

**IRCM:** acrónimo en inglés de Infra Red Countermeasure (Contramedida Infra Roja).

**IRST/IRSTS:** acrónimo en inglés de Infra Red Search and Track (Sistema IR de Búsqueda y Seguimiento).

**ISR:** acrónimo en inglés de Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento).

**J-SEAD:** acrónimo en inglés de Joint Suppression Enemy Air Defenses (Supresión Conjunta de Defensas Aéreas Enemigas).

**LAWS:** acrónimo en inglés de Laser Approach Warning System (Sistema de alerta de Aproximación de Láser).

**Luftwaffe:** en alemán Fuerza Aérea Alemana.

**LWR/S:** acrónimo en inglés de laser Warning Receiver/System (Receptor/Sistema de Alerta de Láseres).

**MALE:** acrónimo inglés Medium Altitude Long Endurance (Mediana Altitud- Larga Duración).

**MANPADS:** acrónimo en inglés de Man-Portable Air-Defense Systems (Sistemas de Defensa Aérea Portátiles para Hombre).

**Martel:** acrónimo en inglés de Missile Anti-Radiation Television (Misil Anti-Radiación por Televisión).

**MAWS:** acrónimo en inglés de Missile Approach Warning System (Sistema de Advertencia de Aproximación de Misiles).

**MLWS:** acrónimo en inglés de Missile Launch Warning System (Sistema de Alerta de Lanzamiento de Misiles).

**MMP:** Modelo Matemático Probabilístico.

**MUSIC:** acrónimo en inglés de Multi Spectral Infrared Countermeasure (Contra medida Infrarroja Multi Espectral).

**Nm:** acrónimo en inglés de Nautical Miles (Milla Náutica).

**OBE:** Orden de Batalla Electrónico.

**OCA:** Ofensiva Contra Aérea.

**OLP:** Organización para la Liberación de Palestina.

**OOMM:** Objetivos Materiales.

**OTAN:** Organización del Tratado del Atlántico Norte.

**PAC:** Patrullas Aéreas de Combate.

**PAK-FA:** acrónimo en ruso romanizado de Perspektivny Aviatsionny Kompleks Frontovoy Aviatsii (Futuro Caza táctico de Primera Línea).

**QCL:** acrónimo en inglés de Quantum Cascade Lasers (Láser de Cascada Cuántica).

**RAAF:** acrónimo en inglés de Royal Australian Air Force (Real Fuerza Aérea Australiana).

**RAF:** acrónimo en inglés de Royal Air Force (Real Fuerza Aérea del Reino Unido).

**RAM:** acrónimo en inglés de Radar Absorbent Materials (Material Absorbente de Radiaciones).

**RCS:** acrónimo en inglés de Radar Cross Section (Corte Transversal de Radar).

**RF:** Radio Frecuencias.

**RN:** acrónimo en inglés de Royal Navy (Armada Real del Reino Unido).

**RO:** Requerimiento Operativo.

**RPVN:** República Popular de Vietnam del Norte.

**RWR:** acrónimo en inglés Radar Warning Receiver (Receptor de Alerta Radar).

**SAI:** Sistema de Autoprotección Integrado.

**SAM:** acrónimo en inglés de Surface to Air Missile (Misil Superficie Aire).

**SAR-MTI:** acrónimo en inglés de Synthetic Aperture Radar-Moving Target Indication (Radar de Apertura Sintética - Indicador de Blancos Móviles).

**Sarms:** abreviatura de Sistema de Armas.

**SDA:** Sistema de Defensa Aérea.

**SDAI:** Sistema de Defensa Aérea Integrado.

**SEAD:** acrónimo en inglés de Suppression Enemy Air Defenses (Supresión de Defensas Aéreas Enemigas).

**SPAAG:** acrónimo en inglés de Self-Propelled Anti-Aircraft Gun (Cañón Antiaéreo Autopropulsado).

**Stealth:** en inglés, acción o movimiento cauteloso y subrepticio. La tecnología stealth (o furtiva) es un diseño técnico que dificulta la detección por radar o sonar de un objeto o vehículo aéreo, terrestre, submarino o buque.

**SUE:** Super Etendard (nombre dado a un avión de ataque embarcado a reacción de origen francés).

**TRE:** acrónimo en inglés de Telecommunications Research Establishment.

**TV:** Televisión.

**UCAS:** acrónimo en inglés de Unmanned Combat Aerial System (Sistema Aéreo de Combate No Tripulado).

**URSS:** Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

**US Air Corps:** acrónimo en inglés de Cuerpo Aéreo de los Estados Unidos.

**USAAF:** acrónimo en inglés de United State Army Air Force (Fuerza Aérea del Ejército de Estados Unidos).

**USAF:** acrónimo en inglés de United State Air Force (Fuerza Aérea de los Estados Unidos).

**USCENTCOM:** acrónimo de United State Central Command (Comando Central de EEUU).

**USARMY:** acrónimo en inglés de United State Army (Ejército de los Estados Unidos).

**USMC:** acrónimo en inglés de United State Marine Corps. (Cuerpo de Infantería de Marina de los Estados Unidos).

**USN:** United State Navy (Armada de los Estados Unidos).

**UV:** Ultravioleta.

**VANT:** Vehículo Aéreo No Tripulado.

**VLS:** acrónimo en inglés de Vertical Launch System (Sistema de Lanzamiento Vertical).

**VyCA:** Vigilancia y Control Aéreo.

**WW:** acrónimo en inglés de Wild Weasels (Comadreas Salvajes).

## Glosario de Términos

**Apoyo de Guerra Electrónica (AGE):** acciones conducidas para obtener información de la energía presente en el medio ambiente, mediante la búsqueda, interceptación, escucha, localización, análisis, identificación, evaluación y registro de las características de las emisiones detectadas, intencionales o no, con el fin de realizar un inmediato reconocimiento y seguimiento de amenazas como así la planificación y conducción de futuras operaciones (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2012, p. 17).

**Ataque Electrónico:** consiste en el uso de la energía electromagnética, energía dirigida o armas anti-radiación para atacar al personal, instalaciones y equipamientos con la intención de degradar, neutralizar o destruir la capacidad de combate del enemigo (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2012, p. 23).

**Chaff:** originalmente llamado “window” por los británicos y “Düppel” por alemanes en la IIGM, es una contramedida de radar en la que aviones u otros objetivos extienden una nube de pequeñas y delgadas piezas de aluminio, fibra de vidrio metalizado o plástico, que aparecen como un grupo de objetivos primarios en las pantallas de radar o inundan la pantalla con múltiples retornos; o para seducir/distraer radares de seguimiento, o misiles de guiado radar en vuelo de persecución con el fin de que no sea destruido el vehículo lanzador.

**Comando y Control (C2):** en el entorno militar, es el ejercicio de la autoridad, la conducción y el seguimiento por el mando operativo, expresamente designado, sobre las fuerzas asignadas para el cumplimiento de la misión, que se ejercen a través de un Sistema de Comando y Control.

**Combat Search and Rescue (CSAR):** Búsqueda y Rescate en Combate se refiere a operaciones especializadas en las que una persona o personas aisladas se recuperan de entornos hostiles, generalmente con la existencia de amenazas a la fuerza de recuperación.

**Combate Electrónico:** es el conjunto de tareas realizadas en apoyo de operaciones militares contra las capacidades enemigas en el ámbito electromagnético (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2012, p. 1).

**Crecimiento Sistémico Modular:** es el criterio que establece una mayor ponderación a los mínimos sistémicos de cada sistema de fuerzas, medios o armas, capaces de lograr una capacidad operativa, de modo escalable en el tiempo (EMCO de las FFAA, 2018, p.17).

**Digital Radio Frequency Memory (DRFM):** la Memoria Digital de Radio Frecuencia es un método electrónico para capturar y retransmitir señales de RF de forma digital. Los sistemas DRFM se utilizan normalmente en la interferencia de radares, aunque las aplicaciones en las comunicaciones son cada vez más comunes.

**Direct Infra Red Countermeasure (DIRCM):** la Contramedida Infra Roja Directa es un sistema diseñado para proteger aeronaves de ala fija y rotativa de misiles guiados por infrarrojos (búsqueda de calor) compuesto por un emisor activo de señales que perturba o ciega el buscador de calor con el objetivo de desviarlo o neutralizarlo.

**Espectro Electromagnético (EEM):** Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. El EEM es el resultado de la ordenación de diferentes componentes de distintas longitudes de onda del conjunto de las radiaciones de naturaleza eléctrica y magnética. El rango se extiende desde los rayos Gamma de longitud de onda muy corta y alta energía (microondas y radio) hasta las ondas de radio de longitud de onda larga y baja energía (radio y sonido). Referido a un objeto se denomina “espectro” a la luz visible, radiaciones UV (ultravioleta), IR (infrarroja), los rayos X y los Gamma.

**Flare o bengala:** es una contramedida infrarroja (IR) utilizada como señuelo por una aeronave, vehículo o buque para contrarrestar un misil con cabeza de guiado de retornos por IR o térmico. Se componen comúnmente de una composición pirotécnica a base de magnesio u otro metal ardiente en caliente, con una temperatura de combustión superior a la del vehículo lanzador.

**Forward Looking Infra Red (FLIR):** el Visor Frontal en Infrarrojos, es una tecnología de imagen que detecta la radiación infrarroja, utilizado para la detección de energía térmica para crear una imagen que se forma en salida de vídeo, pueden ser usados para ayudar a los pilotos y conductores a dirigir sus vehículos de noche, y con niebla, o detectar objetos calientes en un fondo frío cuando está completamente oscuro.

**Fuerza Activa Sustancial:** es la que engloba todas las capacidades específicas necesarias para las actividades institucionales (EMCO de las FFAA, 2018, p.13).

**Guerra Electrónica:** es cualquier acción que implica el uso de Energía Electromagnética o Dirigida para controlar el EEM o atacar al enemigo (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2012, p. 1).

**Hard Kill:** en inglés “medidas duras” y de la hace referencia a las medidas o sistemas de eliminación dura o física que están diseñados para destruir un misil en persecución aérea antes de que pueda impactar en el vehículo.

**High Altitude Long Endurance (HALE):** Gran Altitud- Larga Duración es la categoría de Vehículos No Tripulados (VANT) que vuelan por encima de los 30.000 ft, con una duración en tiempo típico superior a 48 horas y alcance indeterminado.

**Home Chain:** nombre en clave para la red de estaciones de radar costeras de alerta temprana aérea construidas por la Royal Air Force (RAF) antes y durante la Segunda Guerra Mundial para detectar y rastrear aviones.

**Homing:** guiar, seguir o dirigir hacia el hogar o hacia un destino, por medios mecánicos o electrónicos. Buscador de blancos.

**Infra Red Search and Track (IRST):** el Sistema IR de Búsqueda y Seguimiento es un método pasivo basado en cámara termográfica para detectar y rastrear objetos que emiten radiación infrarroja (firma infrarroja) como aeronaves, buques y vehículos terrestres.

**Interferidor Electrónico:** un interferidor, perturbador o inhibidor es un dispositivo electrónico que impide o dificulta las radiocomunicaciones en un determinado espectro de frecuencias mediante interferencias

intencionadas. Se compone básicamente de un generador de señal y un transmisor. El primero genera una señal que es enviada a través del segundo con una potencia determinada según la necesidad. Esta señal carece de información útil, solo se la emite con mayor potencia que los sistemas de transmisión a interferir, a fin de suprimirlas, evitando que el emisor y receptor establezcan la comunicación o la detección en caso de un radar.

**Laser Warning Receiver/System (LWR/S):** el Receptor o Sistema de Alerta Láser es un sistema análogo a un Radar Warning System que detecta señales en la banda IR/UV que tienen la particularidad de emitir Luz Amplificada por emisión Estimulada de Radiación (Láser), este particular mecanismo de emisión confiere a la luz unas propiedades como la alta potencia (por ser amplificada), la direccionalidad (emisión en forma de rayos), la frecuencia de emisión bien definida (color de luz), la capacidad de emitirse en pulsos de muy corta duración, y la coherencia que significa que las ondas electromagnéticas que forma el haz de luz marchan "al paso".

**Laser Weapons System (LaWS):** es un sistema de armas basado en la emisión de señales de luz continua (o rayo) generado por un arreglo o una matriz de láser de estado sólido de muy alta energía (conocido también como Láser de Alta Energía - High Energy Laser-HEL) que emite en la banda de IR y que posee la particularidad de generar una muy intensa fuente de calor sobre las superficies de los objetos, capaz de calentar y fundir metales livianos, madera, plásticos y circuitos electrónicos, lentes ópticas, etc.

**Medium Altitude Long Endurance (MALE):** Mediana Altitud- Larga Duración es la categoría de Vehículos No Tripulados (VANT) que vuelan en la ventana de altura entre los 10.000 y 30.000 ft, con una duración en tiempo típico entre 24 a 48 horas.

**Misil Anti-Radiación (ARM):** es un misil que diseñado para detectar y dirigirse hacia una fuente de emisión de radio frecuencia emitida por un radar, transmisores interferidores e incluso radios de comunicaciones enemigas.

**Orden de Batalla Electrónico (OBE):** composición, localización, organización y grado de amenaza de todos los sensores, armas, y sistemas de comunicaciones que utilizan radiaciones electromagnéticas y acústicas, con indicación de sus ubicaciones dentro de los respectivos espectros (RC-002, Diccionario para la Acción Militar Conjunta, 1999).

**Protección Electrónica (PE):** consiste en todas aquellas acciones realizadas para proteger al personal, instalaciones y equipamientos de cualquier efecto producido por el uso de espectro electromagnético por parte de la propia fuerza o enemigo que degrade, neutralice, o destruya la capacidad de combate propio. (Estado Mayor Conjunto de las FFAA, 2012, p. 31).

**Quantum Cascade Laser (QCL):** el Láser de Cascada Cuántica es un dispositivo semiconductor láser que convierte energía eléctrica en radiación electromagnética en el espectro infrarrojo.

**Radar pulsado Doppler:** es un sistema de radar que posee la capacidad de medir el rumbo, distancia y altitud de un objeto, pero además puede detectar/medir su velocidad a través del efecto Doppler. El mencionado efecto describe el cambio de frecuencia que se produce en cualquier onda cuando existe movimiento relativo entre la fuente emisora y el receptor; esta diferencia de frecuencia se denomina cambio de frecuencia Doppler.

**Reconocimiento Electrónico:** también conocida como Inteligencia de Señales, es la actividad con el fin de obtener datos de las señales de radiofrecuencia emitidas por los sistemas electrónicos de defensa del enemigo; como radares, comunicaciones, sistemas de misiles, aeronaves, ayudas a la navegación, etc. La recolección de información puede hacerse desde estaciones en tierra cerca del territorio del oponente, desde buques o aviones cerca de su espacio aéreo, o incluso desde satélites.

**Sistemas de Autoprotección Integrados (SAI):** sistemas de GE cuya función es detectar amenazas potencialmente peligrosas (misiles y sistemas de armas antiaéreas) dirigidas contra la plataforma aérea en la que se encuentran instalados, formados por un conjunto de sensores encargados de la detección de las emisiones producidas por los sistemas de amenazas como radiofrecuencias (radar y/o comunicaciones), infrarrojo (calórica), ultravioleta, emisión láserica y un conjunto de contramedidas activas y pasivas que abarcan los espectros antes mencionados, propios de un ambiente de Combate Electrónico.

**Soft Kill:** en inglés “medidas blandas”, son las medidas o sistemas diseñados para desviar, distraer o engañar a un misil en persecución aérea de su objetivo real. Estas contramedidas variadas generalmente incluyen alguna forma de interferencia/engaño electrónico (transmisores de RF) o mecánico (chaff/señuelos) que afecta directa/indirectamente los receptores de los sistemas de guiado del misil en persecución hacia su objetivo.

**Stand off:** término utilizado para describir cualquier operación aérea fuera del alcance efectivo de los misiles/armas de tubo o radares enemigos.

**Wild Weasel (WW):** nombre en clave dado específicamente la Fuerza Aérea de los Estados Unidos a un avión, de cualquier tipo, equipado con misiles anti-radiación y encargado de la realización de la Supresión de las Defensas Aéreas Enemigas, destruir el radar en la superficie. Instalaciones de misiles aéreos de los sistemas de defensa aérea enemigos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adamy, D. (2001). *EW 101: A First Course in Electronic Warfare*. Nordwood, Masachusset, USA: Artech House Publisher.
- Air Force Tech. (2013). *Air Force Technology*. (L. Ingham, Editor, & Verdict Media Limited) Recuperado el 03 de Julio de 2020, de Air Force Technology Web site: <https://www.airforce-technology.com/projects/tanaris/>
- Air Force Tech. (21 de Agosto de 2021). Harop Loitering Munitions UCAV System. *Air Force Technology*.
- Air Power Development Centre. (2009). *The war in the air* (II ed.). (K. Brent, Ed.) Australia: Alan Stephens.
- Allison, G. (28 de Junio de 2017). *United Kingdom Defence Journal*. (G. Allison, Editor, & UK Defence Journal) Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de UK Defence Journal: <https://ukdefencejournal.org.uk/british-supercarrier-hms-queen-elizabeth-deploy-pacific/>
- Alpha Defence. (26 de Junio de 2021). *Alpha Defence - Simplified Defence*. (S. Sharma, Productor, & Alpha Defence) Recuperado el 22 de Agosto de 2021, de Alpha Defence Web Page: <https://alphadefense.in/>
- Ari Gros, J. (22 de Mayo de 2018). Israel the first in the world to conduct strikes with F-35 jet, army says. (M. Bachner, Ed.) *The Time of Israel*.
- Arreita, N., & Smith, W. F. (Summer de 1983). The rebirth of TEWS in ATC. (W. C. Smith, Ed.) *The Navigator*, 30(2), 31.
- Aviation Classics. (3 de Octubre de 2016). *Aviation Classics*. (T. Callaway, Ed.) Recuperado el 2019 de Diciembre de 13, de Aviation Classics, The stories behind the world's greatest aircraft "Black Buck": <https://www.aviationclassics.co.uk/black-buck/>
- BAE Systems. (2019). *BAE Systems*. Recuperado el 07 de Setiembre de 2019, de BAE Systems Web Page: <https://www.baesystems.com/en/product/analq157-infrared-countermeasures-system>
- Baladares Caiafa, R. (19 de Enero de 2019). *Infodrones.es*. (M. D. Angel, Editor, & Information & Design Solutions S.L.) Recuperado el 20 de Abril de 2020, de Infodornes Web Page: <http://infodron.es>

- Barrie, D., & Komarov, A. (10 de Setiembre de 2007). War on Two Fronts for Russia's Missile Builders. *Aviation Week*.
- Blackman, T. (2014). *Vulcan Boys: From the Cold War to the Falklands*. Londres, Reino Unido: Grub Street Publishing .
- Bolkcom, C. (9 de Febrero de 2001). Airborne Electronic Warfare: Issues for the 107th Congress . *CRS Report for Congress* . Washington, USA: The Library of Congress .
- Bolkcom, C. (11 de Mayo de 2005). Military Suppression of Enemy Air Defenses (SEAD): Assessing Future Needs. *CRS Report for Congress*. (C. R. Service, Ed.)
- Bourne, J. M., Liddle, P., Whitehead, & R., I. (2000). *The Great World War, 1914-45*. (H. C. Publishers, Ed.) Michigan, EEUU: Universidad de Michigan.
- Boyd, J. (7 de Agosto de 2020). *Foreign Brief*. (M. Klaver, Editor, & Foreign Brief ) Recuperado el 13 de Diciembre de 2020, de Foreign Brief - Geopolitical Risk Analysis: <https://www.foreignbrief.com/>
- Branfill-Cook, R. (2014). *Torpedo: The Complete History of the World's Most Revolutionary Naval Weapon* (Vol. I). Barnsley, S. Yorkshire, Great Britain: Seaforth Publishing.
- Brookner, E. (1982). *Radar Technology* (Vol. VII). Dedham, Massachusetts, United State: Artech House Inc.
- Brungess, J. (1994). *Setting the Context – Suppression of Enemy Air Defenses and Joint War Fighting in an Uncertain World*. Alabama, Alabama, EEUU: Air University Press.
- Butowski, P. (10 de Enero de 2014). *IHS Jane's International Defence Review*. (F. Brigden, Editor, F. Abi Ali, Productor, & IHS Markit Ltd.) Recuperado el 11 de Diciembre de 2020, de IHS Jane's International Defence Review: [www.janes.com/](http://www.janes.com/)
- Cagle, M. T. (1977). *History of the Chaparral/FAAR Air Defense System* . Historical Monograph, United State Army, Department Of Army, Redstone Arsenal.
- Caiafa, R. (3 de Setiembre de 2013). Infodefensa. (B. Carrasco, Ed.) *Revista de Defensa y Seguridad*. Recuperado el 19 de Agosto de 2020, de Infodefensa: <https://www.infodefensa.com/>
- Caiafa, R. (05 de Febrero de 2020). Siatt y la FAB se alian para desarrollar nuevos misiles aire tierra. (A. Macho Díaz, Ed.) *Infodefensa-Revista de Defensa y Seguridad en España y*

*Latinoamérica*. Obtenido de <https://www.infodefensa.com/latam/2020/02/05/noticia-siatt-fuerza-aerea-buscan-desarrollar-misiles-airetierra-brasilenos.html>

Carroll, D. (28 de Octubre de 2019). *Raytheon Company*, Online. (Raytheon Company Mediaroom) Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de Raytheon Company: <https://raytheon.mediaroom.com/>

Cervera, P. (26 de Julio de 2016). ¿Fiasco millonario? PAK FA, el caza ruso contra EEUU que no acaba de despegar. (J. A. Zarzalejos, Ed.) *El Confidencial*.

Chan, M. (31 de Octubre de 2012). *China unveils new fifth-generation stealth fighter*. (T. Wai Yi, Ed.) Recuperado el 27 de Diciembre de 2019, de South China Morning Post: <https://www.scmp.com/news/china/article/1074027/china-adds-new-fifth-generation-stealth-fighter-arsenal>

Chang, E. (1 de Diciembre de 2018). Why the Marine Corps and Navy Will Miss the EA-6B Prowler. (J. Heilbrunn, Ed.) *The National Interest Magazine*.

Chartwell Books Sellers. (2012). *Tanks and armored fighting vehicles, visual encyclopedia*. Nueva York, EEUU: Chartwell Books Sellers.

Christopher, J. (2013). *The Race for Hitler's X-Planes*. Staplehurst, Reino Unido: Spellmount Ltd.

Collins Aerospace. (2018). *Collins Aerospace*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2020, de Collin Aerospace Web Site: <https://www.collinsaerospace.com>

Collins Aerospace. (2018). *Collins Aerospace*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2020, de Collin Aerospace web Site: <https://www.collinsaerospace.com/what-we-do/military-and-defense/displays-and-controls/airborne/helmet-mounted-displays/F-35-Gen-III-Helmet-Mounted-Display-System>

Cooper, T., & Bishop, F. (2004). *Iranian F-14 Tomcat Units in Combat; 23 sep 2004, Tom Cooper y Farzad Bishop; 96 páginas; Osprey Publishing; Colección: Combat Aircraft; ISBN-10: 1841767875; ISBN-13: 978-1841767871 (Combat Aircraft Colletion ed.)*. (M. Windrow, Ed.) Oxford, Reino Unido: Osprey Publishing.

Correll, J. T. (30 de Julio de 2008). How the Luftwaffe Lost the Battle of Britain. *Air Force Magazine*, 62-66.

Crowley, M., Hassan, F., & Schmitt, E. (02 de Enero de 2020). U.S. Strike in Iraq Kills Qassim Suleimani, Commander of Iranian Forces. (D. Baquet, Ed.) *The New York Times*.

- Czeszejko, S. (02 de 09 de 2013). Anti-Radiation Missiles vs. Radars. (P. A. Sciences, Ed.) *International Journal Of Electronics And Telecommunications*, 59(3), 285–291.
- Czeszejko, S. (2013). Misiles antirradiación, desarrollo y su estado actual. *Revista científica de la Facultad de Gestión y Mando de la Academia Defensa Nacional* (1), 13-43.
- Davies, P. E. (2014). *F-111 & EF-111 Units in Combat*. (Holmes, & Tony, Edits.) Oxford, Reino Unido: Osprey Publishing.
- DDay-Overlord. (2018). *D-Day and Battle of Normandy Encyclopedia*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2019, de Douvres-la-Délivrande in 1944 – Calvados – Battle of Normandy: <https://www.dday-overlord.com/en/battle-of-normandy/cities/douvres-la-delivrande>
- De Arcángelis, M. (1983). *Historia de la Guerra Electrónica* (Vol. I). Madrid, España: Editorial San Martín.
- Deagel.com. (Junio de 2015). *Deagel.com Guide to Military Equipment and Civil Aviation*. Recuperado el 27 de Febrero de 2020, de Deagel.com Website: [http://www.deagel.com/Sensor-Systems/EOTS\\_a001541001.aspx](http://www.deagel.com/Sensor-Systems/EOTS_a001541001.aspx)
- Defence & Aerospace. (Febrero de 2010). Goodrich Delivers 500th Laser Detecting System for U.S. Army Helicopters. (G. De Briganti, Ed.) *Defence & Aerospace*(Online). Obtenido de Defense & Aerospace: <http://www.defense-aerospace.com/articles-view/release/3/111986/goodrich-delivers-500th-helicopter-laser-detector.html>
- Defence and Aerospace. (20 de Enero de 2000). *Defence and Aerospace*. (G. de Briganti, Productor, & Briganti et Associés) Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Defence and Aerospace Web Site: [http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/1445/sanders-to-supply-missile-warners-to-greece-\(jan.-20\).html](http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/1445/sanders-to-supply-missile-warners-to-greece-(jan.-20).html)
- Defence and Aerospace. (08 de Febrero de 2010). *Defence and Aerospace*. (G. de Briganti, Editor, & Briganti et Associés) Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Defence and Aerospace Web Page: <http://www.defense-aerospace.com/articles-view/release/3/112103/thales-ew-suite-for-new-french-caracal-helos.html>
- Defence Industry Daily. (04 de Febrero de 2010). *Defence Industry Daily LLC*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Defence Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/>

- Defence Industry Daily. (04 de Febrero de 2010). *Defence Industry Daily LLC*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Defence Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/french-stimulus-5-more-ec725-helicopters-05399/>
- Defence Industry Daily. (03 de Enero de 2019). *Defence Industry Daily*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2019, de Defence Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/>
- Defence Industry Daily. (03 de Enero de 2019). *Defence Industry Daily*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2019, de Defence Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/brazil-signs-1b-production-deal-for-cougar-helicopters-04959/>
- Defence Industry Daily. (28 de Marzo de 2019). *Defence Industry Daily LLC*. Recuperado el 11 de Agosto de 2020, de Defence Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/>
- Defence Industry Daily. (27 de Marzo de 2020). *Defence Industry Daily LLC*. Recuperado el 01 de Abril de 2020, de Defence Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/the-jas39-gripen-swedens-4th-generation-wild-card-02401/>
- Defence World. (1 de Octubre de 2019). *Defence World*. (M. Ahmedullah, Editor, C. Dev, Productor, & Digitalwriters Media Pvt Ltd) Recuperado el 11 de Agosto de 2020, de Defence World Net: <https://www.defenseworld.net/>
- Defence World Net. (20 de Junio de 2017). *Defence World Net*. (M. Ahmedullah, Editor) Recuperado el 01 de Abril de 2020, de Defence World Net Web Page: [https://www.defenseworld.net/news/19619/China\\_Offers\\_FC\\_31\\_Stealth\\_Fighter\\_At\\_Half\\_the\\_Price\\_of\\_US\\_F\\_35\\_\\_Paris\\_Air\\_Show\\_2017#.XoTkaenPzUo](https://www.defenseworld.net/news/19619/China_Offers_FC_31_Stealth_Fighter_At_Half_the_Price_of_US_F_35__Paris_Air_Show_2017#.XoTkaenPzUo)
- Defense Industry Daily. (14 de Octubre de 2007). *Defense Industry Daily*. Recuperado el 20 de Febrero de 2020, de Defense Industry Daily Web Page: <https://www.defenseindustrydaily.com/us-army-187m-for-avr-2b-laser-targeting-warning-systems-03988/>
- Defense Industry Daily. (03 de Diciembre de 2008). Brazil to Sell MAR-1 SEAD Missiles to Pakistan. *Defense Industry Daily*.

- Defense Industry Daily. (03 de Diciembre de 2008). Brazil to Sell MAR-1 SEAD Missiles to Pakistan. *Defense Industry Daily*.
- Defense Initiatives. (2019). *Defense Initiatives Product Catalogue 2019*. Obtenido de Defence Initiatives: [https://defin.by/defense\\_initiatives\\_production.pdf](https://defin.by/defense_initiatives_production.pdf)
- Department of Air Force. (1984). *Basic Aerospace Doctrine of the United States Air Force AFM 1-1*. Whashington DC, Estados Unidos.
- Dickson, J. R. (1987). *Electronic Warfare In Vietnam: Did we learn lessons?* Maxwell, Alabama, EEUU: Air War College Air University.
- Domínguez, N. A. (Enero-Abril de 2012). Los radares 909 durante la Guerra de Malvinas. (C. L. Alfonso, Ed.) *Boletín del Centro Naval*(832), 9-20.
- Douda, B. E. (26 de Enero de 2009). Genesis of infrared decoys flare - the early years from 1950 into the 1970s. (1). Crane, Indiana, USA.
- Douhet, G. (1998). *The Command of The Air* (Library of Congress Cataloging in Publication Data ed.). (L. o. Data, Ed., & D. Ferrari, Trad.) Washington DC, Estados Unidos: Coward-McCann .
- Douhet, G. (1998). *The Command of The Air* . (D. Ferrari, Trad.) Washington DC, EEUU: Air Force History and Museum Program.
- Dowling, S. (24 de Febrero de 2016). Horten Ho 229: el increíble avión futurista diseñado por los nazis. *BBC News*.
- Doyle, J. S. (Junio de 2016). The Yom Kippur War and the shaping of the United States Air Force. Maxwell, Alabama, Estados Unidos.
- Dunnigan, J. (Ed.). (21 de Noviembre de 2005). *Air Defense: How to Take Down an F-117*. (J. Dunnigan, Productor, & Strategy World) Recuperado el 14 de Diciembre de 2019, de Strategy Page: <https://www.strategypage.com>
- D'Urso, S. (22 de Enero de 2020). *The Aviationist Weblog*. (D. Cenciotti, Productor, & MH Magazine WordPress) Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de The Aviationist Weblog Site: <https://theaviationist.com/2020/01/22/the-royal-danish-air-force-celebrates-the-40th-anniversary-of-the-f-16-in-denmark/>

- Elbit Systems Ltd. (7 de Enero de 2017). *Elbit Systems Ltd.* (Anova Web Development, Studio Dalia Inbar) Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de Elbit Systems: <https://elbitsystems.com/product/directed-ir-countermeasures-2/>
- Escuela Superior de Guerra Aérea. (2003). *Del dogfight a los UCAVs* (Vol. I). Buenos Aires, Argentina: ESGA.
- Escuela Superior de Guerra Aérea. (2003). *Del dogfight a los UCAVs* (Vol. I). Buenos Aires, Argentina: ESGA.
- Estado Mayor Conjunto de las FFAA. (1999). *Diccionario para la Acción Militar Conjunta (RC 00-02)*. Buenos Aires, Argentina: Estado Mayor Conjunto de las FFAA.
- Estado Mayor Conjunto de las FFAA. (2012). *Guerra Electrónica para la Acción Militar Conjunta (PC 13-50)*. Buenos Aires, Argentina: Estado Mayor Conjunto de las FFAA.
- Estado Mayor Conjunto de las FFAA. (2012). *Guerra Electrónica para la Acción Militar Conjunta (PC 13-50)*. Buenos Aires, Argentina: Estado Mayor Conjunto de las FFAA.
- Estado Mayor Conjunto de las FFAA. (2018). *Procedimiento para el Planeamiento Estratégico Militar (PC 20 09)*. Buenos Aires, Argentina: Estado Mayor Conjunto de las FFAA.
- Estado Mayor General de la Fuerza Aérea Argentina. (2010). *Reglamento de Conducción Operacional* (Vol. Proyecto). CABA, Argentina: EMGFAA.
- Estado Mayor General de la Fuerza Aérea Argentina. (2012). *Manual de Aeronáutico de Procedimientos Operativas*. CABA, Argentina: EMGFAA.
- Estado Mayor General de la Fuerza Aérea Argentina. (2012). *Reglamento de Organización de la FAA (RAC 7)*. CABA, Argentina.
- Farley, R. (14 de Noviembre de 2018). ¿Esta China reconsiderando el caza Jengshing J-31? *Magazine Galaxia Militar*.
- Fitts, R. E., Burton, R. W., Cloutier, F. L., Summers Jr., C. S., Brown, E. R., & Zingg, J. A. (1978). *The strategy of electromagnetic conflict* (1º edición ed.). (R. E. Fitts, Ed.) Los Altos, California, Estados Unidos: Peninsula Publishing.
- Force, H. U. (Marzo de 1992). *Basic Aerospace Doctrine of the United States Air Force - AF MANUAL 1-1 . I.* (H. U. Force, Ed.) Washington DC, Estados Unidos.
- Ford, K. (2012). *The Bruneval Raid: Operation Biting 1942*. Oxford, Reino Unido: Osprey Publishing.

- Ford, R. (2013). *Germany's Secret Weapons of World War II*. Londres, Reino Unido: Amber Books.
- Forecast International. (Enero de 1997). *Forecast International*. Recuperado el 08 de Setiembre de 2019, de [https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_old\\_pdf.cfm?ARC\\_ID=627](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_old_pdf.cfm?ARC_ID=627): Forecast International Web Page
- Forecast International. (Mayo de 1998). *Forecast International*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de Forecast International Web Page: [https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_old\\_pdf.cfm?ARC\\_ID=33](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_old_pdf.cfm?ARC_ID=33)
- Forecast International. (Diciembre de 2001). *Forecast International*. Recuperado el 02 de Marzo de 2020, de Forecast International Web Page: [https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_old\\_pdf.cfm?ARC\\_ID=452](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_old_pdf.cfm?ARC_ID=452)
- Forecast International. (Abril de 2002). *Forecast International*. Recuperado el 29 de Setiembre de 2016, de Forecast International: [https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_old\\_pdf.cfm?ARC\\_ID=654](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_old_pdf.cfm?ARC_ID=654)
- Forecast International. (Abril de 2002). *Forecast International*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de Forecast International Web Site: [https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_old\\_pdf.cfm?ARC\\_ID=646](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_old_pdf.cfm?ARC_ID=646)
- Fraleay, S. R. (1986). *Electronic combat over Third Reich*. Air University - War College. Maxwell: Air War College - USAF.
- Fritz, W. J. (Enero de 1978). Directorate of aeronautical requirements. (R. W. Blatter, Ed.) *Combat Crew*, 28(1), 24, 30.
- Fulghum, D. A. (8 de Enero de 2007). Away Game. (J. C. Anselmo, Ed.) *Aviation Week & Space Technology*.
- Gady, F. S. (12 de Julio de 2018). Russia Will Not Mass-Produce 5th Generation Stealth Fighter Jet. (S. Tiezzi, Ed.) *The Diplomat*.
- Galati, G. (2015). *100 Years of Radar*. Berlín, Alemania: Springer International Publishing.
- Gao, C. (25 de Enero de 2019). *The National Interest*. (J. Heilbrunn, Editor, D. K. Simes, Productor, & Center For National Interest) Recuperado el 05 de Junio de 2020, de The National Interest Web Magazine: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/ultimate-weapon-war-no-one-talking-about-42497>

- Global Security. (2001). *Global Security Organization*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2019, de Global Security Org.: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/systems/an-aar-54.htm>
- Global Security. (13 de Mayo de 2007). *Global Security Org.* (J. Pike, Productor) Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Global Security Organization: <https://www.globalsecurity.org>
- Global Security. (16 de setiembre de 2014). *North Vietnamese Air Defenses*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de Sitio Web of Global Security Organization: <https://www.globalsecurity.org/military/world/vietnam/nva-ad-sam.htm>
- Global Security. (2015). *Global Security Org.* (F. Boo, Productor) Recuperado el 23 de Julio de 2020, de Global Security Org: <http://www.globalsecurity.org>
- Global Security. (2016). *Global Security Organization*. (F. Boo, Productor) Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de Global Security: <https://www.globalsecurity.org>
- Gordon, Y., & Komissarov, D. (2015). *Flight Craft 8: Mikoyan MiG-31: Defender of the Homeland* (Vol. III). Barnsley, South Yorkshire, Reino Unido: Pen and Sword Aviation.
- Grant, R. (1998). *The Radar Game*. Arlington, Virginia, Estados Unidos: RIS Independent Research.
- Grant, R. (Junio de 2002). The Bekaa Valley War. (N. 6. Vol. 85, Ed.) *Air Force Magazine*, 85(6), 58-59.
- Grenville, H. (2019). *John Timothy's Recollection Of The Bruneval Raid*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2019, de Para Data: <https://www.paradata.org.uk/article/john-timothys-recollection-bruneval-raid>
- Gross, J. A. (10 de Febrero de 2018). *The Times of Israel*. (D. Horovitz, Editor, D. Horovitz, Productor, & The Times Of Israel) Recuperado el 03 de Julio de 2020, de The Tomes of Israel Web Page: <https://www.timesofisrael.com/iranian-uav-that-entered-israeli-airspace-seems-to-be-american-stealth-knock-off/>
- Gupta, S. (23 de Agosto de 2019). Long-awaited indigenous light combat aircraft Tejas Mk II targeted by 2022. (R. Sukumar, Ed.) *Hindustan Times*.
- Hampton, D. (2015). *The Hunter Killers* (1ª edición ed.). (W. Morrow, Ed.) Nueva York, Nueva York, Estados Unidos: Harpers Collins Publishers.

- Higham, R. (1994). *Case Studies in the Achievement of Air Superiority*. (B. Franklin Cooling, Ed.) Washington, Estados Unidos: Benjamin Franklin Cooling Editor.
- History.com. (5 de Noviembre de 2009). *Operation Gomorrah is launched*. (A&E Television Networks) Recuperado el 8 de Abril de 2021, de The History: <https://www.history.com/>
- Hobson, C. (2002). *Vietnam Air Losses: USAF, Navy, and Marine Corps Fixed-Wing Aircraft Losses in SE Asia 1961-1973*. Manchester, Reino Unido: Crecy Publishing.
- Holp, W. (5 de Febrero de 2012). The century of the radar. (E. Deutschland, Ed.) Alemania.
- Hooton, E. R. (1997). *Eagle in Flames: The Fall of the Luftwaffe*. London, United Kingdom: Arms & Armour.
- Horizon House Publication Inc. (2004). *International Electronic Countermeasures Handbook*. (M. Puttré, Ed.) Norwod, Massachuset, Estados Unidos: Horizon House Publication Inc.
- Hoyle, C. (12 de Setiembre de 2019). Self-protection deal safeguards RAF's Shadow fleet. (C. Hoyle, Ed.) *Flight Global*.
- Hurley, M. M. (05 de Agosto de 2005). *Batalla Aérea del Valle de Beca, Junio de 1982: ¿Lecciones no aprendidas?* Recuperado el 31 de Mayo de 2018, de Air & Space Power Journal - Australian Air Force: <http://www.airpower.au.af.mil/apjinternational/apjs/1990/2trimes90/hurley.html>
- IAI. (6 de Enero de 2018). *Israel Aerospace Industries*, Online. Recuperado el 29 de Julio de 2020, de Israel Aerospace Industries: <https://www.iai.co.il/>
- Indra Company. (06 de Junio de 2018). *Indra Company*. (A. Colavita, Productor, & Elettronica Group and Indra Company) Recuperado el 20 de Setiembre de 2019, de Indra Company: <https://www.indracompany.com/>
- Insinna, V. (04 de Mayo de 2020). *Defence News*. (J. Aitoro, Editor, M. Reinstein, Productor, & Sightline Media Group) Recuperado el 03 de Julio de 2020, de Defence News Web Site: <https://www.defensenews.com/air/2020/05/04/boeing-rolls-out-australias-first-loyal-wingman-combat-drone/>
- Israel Air Force. (2019). *Jewish Virtual Library*. (M. Bard, Editor, H. Rosenbloom, Productor, & American-Israeli Cooperative Enterprise) Recuperado el 30 de Agosto de 2020, de Jewish Virtual Library, a proyect of AICE: <https://www.jewishvirtuallibrary.org/>

- Jane Defence Weekly. (2014). Sky searchers. *Jane's Defence Weekly*. (P. Felstead, Ed.) Coulsdon, Londres, Reino Unido.
- Jha, S. (8 de Febrero de 2021). *Delhi Defense Review - War and Ideas*. (S. Jha, Editor, D. Roy, Productor, & DDR) Recuperado el 12 de Abril de 2021, de Delhi Defence Review (DDR): <http://www.delhidefencereview.com>
- Joint Chiefs of Staff. (1986). Joint Publication (JP 3-01.2) - Theater Counterair Operations. (1986). (J. C. Staff, Ed.) Whashington, Estados Unidos: Joint Chiefs Of Staff.
- Joint Chiefs of Staff. (03 de Diciembre de 1993). Joint Publication (JP 3-01.4) Joint Suppression of Enemy Air Defenses (J-SEAD). (1993). (J. C. Staff, Ed.) Whashington DC, Estados Unidos.
- Joint Chiefs of Staff. (21 de Abril de 2017). Joint Publication (JP 3-01) - Countering Air and Missile Threats. (2017). (J. C. Staff, Ed.) Washington DC, Washington DC, Estados Unidos.
- Kassebaum, J. (diciembre de 2011). The art of the SEAD, lesson from Libya. (J. Knowles, Ed.) *The Journal of Electronic Defence*, 58-62.
- Kaushik, B., Nance, Don, & Ahuja, K. (2005). A Review of the Role of Acoustic Sensors in the Modern Battlefield. *11th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (26th AIAA Aeroacoustics Conference)* (pág. 13). Monterrey: American Institute of Aeronautics and Astronautics .
- Kjellén, J. (2018). *Russian Electronic Warfare, The role of Electronic Warfare in the Russian Armed Forces*. Swedish Defence Research Agency (FOI). Estocolmo: FOI.
- Klee, E., & Merk, O. (1963). *The Birth of the Missile: The Secrets of Peenemünde*. (G. S. Verlag, Ed.) Hamburgo, Alemania: Gerhard Stalling Verlag.
- Kopp, C. (Junio-Agosto de 1993). Operation Desert Storm The Electronic Battle. *Australian Aviation*.
- Kopp, C. (Enero de 2002). Air Power Australia. (P. Goon, Ed.) *Air Power Australia*.
- Kopp, C. (Sep/Oct de 2006). Genesis of the surface to air missile. *Defence Today*(1006), 9-11.
- Kopp, C. (Noviembre de 2009). *Air Power Australia*. (C. Kopp, Productor) Recuperado el 16 de Diciembre de 2019, de Air Power Australia: <http://www.ausairpower.net>
- Kopp, C. (Agosto de 2009). *Soviet/Russian Tactical Air to Surface Missiles*. (C. Kopp, Ed.) Obtenido de Air Power Australia: <https://www.ausairpower.net/APA-Rus-ASM.html>

- Kopp, C., & Goon, P. (03 de Enero de 2011). *Chengdu J-20 stealth fighter prototype, a preliminary assessment*. (C. Kopp, Ed.) Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de Air Power Australia: <http://www.ausairpower.net/APA-J-XX-Prototype.html>
- Krishnan, A. (16 de Febrero de 2016). *On Manorama*. (P. Mathew, Editor, M. Mathew, Productor, & Malayala Manorama Company Limited) Recuperado el 12 de Diciembre de 2020, de Manorama Online: <https://www.onmanorama.com/>
- Kucukozyigit, A. C. (9 de Enero de 2006). Electronic Warfare (EW) historical perspectives and its relationship to Information Operations (IO), considerations for Turkey. (1), 149. Monterrey, California, EEUU: Naval Graduation School.
- Kuehl, D. T. (1992). *The Radar Eye Blinded: The USAF and Electronic Warfare, 1945-1955*. Virginia, Virginia, EEUU: Defense Technical Information Center - US Department Of Defence.
- Kuizhi, Y., Shichun, C., & Changyong, S. (Julio/Setiembre de 2015). Calculation of Aircraft Target's Single-Pulse Detection Probability. (I. d. Espaço, Ed.) *Journal of Aerospace Technology and Management*, 7(03).
- La Spina, G. (03 de Octubre de 2009). *El primer bombardeo de Londres por los Gotha G-IV*. Recuperado el 23 de Octubre de 2018, de Helepolis: <https://helepolis.blogcindario.com/2009/10/00052-el-primer-bombardeo-de-londres-por-los-gotha-g-iv.html>
- Lambeth, B. S. (2001). *NATO's Air War for Kosovo: A Strategic and Operational Assessment*. Santa Mónica, California, EEUU: RAND's publications.
- Leone, D. (26 de Julio de 2019). Stealth Rules: Israel's F-35I Adir Is the First to Attack an Enemy. (J. Heilbrunn, Ed.) *The National Interest Magazine*(164).
- Lockheed Martin. (Agosto de 2019). *F-35 Lightning II*. (B. Ashworth, Editor, & L. Martin, Productor) Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de F-35 Lightning II Lockheed Martin: <https://www.f35.com>
- Luczak, W. (Agosto de 2003). MILEZ 2003 Open Export Windows. *Military Technology*.
- Machtres. (12 de Marzo de 2016). *Machtres, Aeronáutica y Espacio*. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de Machtres: <https://www.machtres.com>

- Maini, A. K. (2018). *Handbook of Defence Electronics and Optronics: Fundamentals, Technologies and Systems*. Chichester, West Sussex, Reino Unido: Jhon Wiley and Sons Ltd.
- Maini, A. K. (2018). *Handbook of Defence Electronics and Optronics: Fundamentals, Technologies and Systems*. Hoboken, New Jersey, EEUU: John Wiley & Sons.
- Mandeep, S. (01 de Enero de 2017). *On the Efficacy of Air Defence Artillery in India-Pakistan Wars*. (S. Jha, Ed.) Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de Delhi Defence Review: <http://delhidedefencereview.com/2017/02/01/efficacy-air-defence-artillery-india-pakistan-wars/>
- Manfort, V. (13 de Octubre de 2015). *No Solo Batallas SGM Blogspot*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2019, de Web No Solo Batallas SGM: <http://nosolobatallassgm.blogspot.com/2015/10/la-batalla-de-la-estacion-de-radar-de.html>
- Marcus, J. (17 de Julio de 2019). *US removes Turkey from F-35 fighter jet programme*. (K. Ahmed, Editor, N. Nielsen, Productor, & BBC News) Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de BBC News: <https://www.bbc.com>
- Marshall, M. I. (2018). *Operation Linebacker II 1972: The B-52s are sent to Hanoi*. Londres, Reino Unido: Osprey Publishing.
- Martini, H. A. (1992). *Historia de la Aviación Naval Argentina (Conflicto del Atlántico Sur)* (Vol. III). Buenos Aires, Argentina: Departamento de Estudios Históricos ARA.
- Matassi, F. P. (1990). *La Batalla Aérea de Nuestras Islas Malvinas* (Vol. I). (H. O. Vartorelli, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea.
- Mc Garry, B. (30 de Junio de 2017). The Air Force's Newest MQ-9 Reaper Drone Is Now Hunting ISIS. (Z. Fryer-Biggs, Ed.) *Defence Tech*.
- McCarthy, D. (2014). *The Sword of David, the Israeli Air Force at War*. (T. Lyons, Ed.) New York, EEUU: Skyhorse Publishing.
- Milberg, E. (19 de Octubre de 2015). Composite Center Fuselage for First F-35 Aircraft in Japan Completed. (S. Flynn, Ed.) *Composites Manufacturing Magazine*(Online).
- Military Factory. (26 de Mayo de 2016). *Military Factory*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2019, de Military Factory Web: <https://www.militaryfactory.com>

- Military Factory. (20 de Octubre de 2018). *Military Factory*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2018, de Military Factory: [https://www.militaryfactory.com/armor/detail.asp?armor\\_id=14](https://www.militaryfactory.com/armor/detail.asp?armor_id=14)
- Military Watch. (20 de Marzo de 2019). *Military Watcht*. (Military Watch Magazine) Recuperado el 14 de Diciembre de 2020, de Military Watch Magazine Web: <https://militarywatchmagazine.com/>
- Minotor Service Company. (2018). *Minotor Service*. Recuperado el 10 de Nov de 2018, de Sitio Web de Minotor Service: <http://www.minotor-service.com/en/zsu-23-4-shilka.html>
- Mönch Publishing Group. (28 de Febrero de 2017). *Mönch Publishing Group*. (T. Mahon, Editor, V. Schwichtenberg, Productor, & Mönch Verlagsgesellschaft mbH) Recuperado el 13 de Diciembre de 2019, de Mönch Publishing Group Web Site: <https://www.monch.com/mpg/news/air/924-netherlands-f-16s-get-new-missile-warning-and-flare-up.html>
- Morales, J. P. (Enero-Febrero de 2021). Nueva vida para vector el estratégico de la FAB . (S. Rivas, Ed.) *Pucará*(5), 86.
- Moro, R. O. (1997). *Historia del Conflicto de Atlántico Sur (La Guerra Inaudita II)* (9ª edición ed., Vol. II). (J. C. D'Odorico, Ed.) Buenos Aires, Argentins: Escuela Superior de Guerra Aérea.
- Nalty, B. C. (2013). *Tactics and Techniques of Electronic Warfare*. Newton, Connecticut, EEUU: Defence Lyon Publication.
- NATO. (2017). NATO Glossary of terms and definitions (English and French). (N. S. (NSO), Ed.)
- Naval Air Warfare Center. (1999). *Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook* . (U. S. Navy, Ed.) Point Mugu, California, EEUU: NAWC.
- Neri, F. (1990). *Sistemi di Difesa Electronica*. Roma, Italia: Bariletti Editori.
- Newdick, T. (9 de Noviembre de 2020). *The Drive - The War Zone*. (K. Cheromcha, Editor, M. Spinelli, Productor, & Acton Media Inc.) Recuperado el 20 de Diciembre de 2020, de The Drive - The War Zone: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/>
- Nokia Bells Labs. (2019). *Nokia Bell Labs*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Nokia Bell Labs: <https://www.bell-labs.com/about/history-bell-labs/stories-changed-world/quantum-cascade-laser/>
- Nordeen, L. O. (2010). *Air Warfare in the Missile Age* (Vol. II). (R. A. Poarch, Trad.) Washington DC, USA: Smithsonian Institution.

- Norris, G. (24 de Octubre de 2019). *Aviation Week & Space Technology*. (J. C. Anselmo, Editor, G. D. Hamilton, Productor, & Informa Plc.) Recuperado el 04 de Julio de 2020, de Aviation Week Network: <https://aviationweek.com/defense-space/usaf-unit-moves-reveal-clues-rq-180-ops-debut>
- Northrop Grumman Corp. (24 de Setiembre de 2018). *Northrop Grumman Corporation*. (E. Hamilton, Productor) Recuperado el 22 de Setiembre de 2019, de Northrop Grumman Corporation: <https://news.northropgrumman.com/news/releases/us-army-common-infrared-countermeasure-system-ready-for-production>
- Northrop Grumman Corp. (01 de Enero de 2020). *Northrop Grumman Corporation*. Recuperado el 21 de Febrero de 2020, de Northrop Grumman Corporation Web Page: <https://www.northropgrumman.com/air/an-aaq-37-distributed-aperture-system-das-for-the-f-35/>
- Northrop Grumman Corp. (s.f.). The radar warning story. *The radar warning story*. USA.
- Novion Boisier, J. E. (Set-Oct de 1999). Análisis del misil MISTRAL infrarrojo como sistema antimisil y antiaéreo. *Revista de Marina*(852), 1-10.
- Nuñez Padín, J. F. (2008). *Mc Donnell Douglas A-4 Q y A-4 E Skyhawk - Serie Aeronaval N° 24*. (J. F. Nuñez Padín, Ed.) Buenos Aires, Argentina.
- O'Connor, S. (Abril de 2012). *Soviet/Russian SAM Site Configuration*. (S. O'Connor, Productor) Recuperado el 03 de Noviembre de 2018, de Air Power Australia: <http://www.ausairpower.net/APA-Rus-SAM-Site-Configs-A.html>
- O'Halloran, J. C. (2005). *Jane's Land Based Air Defence 2005–2006 (10th ed.)*. (J. C. O'Halloran, & C. F. Foss, Edits.) Londres, Reino Unido: Jane's Information Group.
- Oréjov, J. (7 de Julio de 2019). *Lo sentimos, no sabíamos que era invisible, cuando un viejo misil ruso derribó un F-117 de EEUU*. (V. Pulya, Editor, & ANO TV-Novosti) Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de Russia Beyond The Headlines: <https://www.rbth.com>
- Overton, G. (11 de Octubre de 2011). *QCL-based IR countermeasures solution announced by Northrop Grumman-Daylight Solutions*. (Endeavour Business Media) Recuperado el 22 de Setiembre de 2019, de Laser Focus World Magazine: <https://www.laserfocusworld.com/lasers-sources/article/16562677/qclbased-ir-countermeasures-solution-announced-by-northrop-grummandaylight-solutions>

- Palowski, J. (13 de Junio de 2017). AARGM-ER - Anti-Radiation Missile for the 5th Generation Fighter Aircraft. (J. Graf, Ed.) *Defence* 24.
- Parsch, A. (23 de Marzo de 2003). *Designation-Systems.net*. (A. Parsch, Editor) Recuperado el 05 de Junio de 2020, de Designation-Systems.net Web Site: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/bq-7.html>
- Peeters, S. (14 de Noviembre de 2014). *ACIG Org.* (BB Limited ) Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de ACIG Organization: <http://www.acig.org/>
- Pellini, C. (11 de Noviembre de 2014). *Invencción del Radar en la 2º Guerra Mundial* . (C. Pellini, Productor) Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de Historias y Biografías: [https://historiaybiografias.com/el\\_radar/](https://historiaybiografias.com/el_radar/)
- Peruzzi, L. (20 de Julio de 2018). *Elettronica and Indra push EuroDIRQM for large fixed- and rotary-wing platforms*. (P. Valpolini, Ed.) Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de European Defence Review On Line: <https://www.edrmagazine.eu/elettronica-and-indra-push-eurodirqm-for-large-fixed-and-rotary-wing-platforms>
- Phinney, T. R. (2003). *Airpowers versus terrorism: three case of studies*. Maxwell, Alabama, EEUU: Air University.
- Piñeiro, L. (26 de Junio de 2018). *Defensa*. (J. M. Navarro, Editor, E. Cervera, Productor, & Grupo Efe S.A.) Recuperado el 25 de Abril de 2020, de Defensa.com: <https://www.defensa.com/>
- Pocock, R. F. (1967). *German Guided Missiles of the Second World War* (Vol. I). Nueva York, Estados Unidos: Arco Publishing Company Inc.
- Poder Aéreo Jornal. (6 de Junio de 2011). MAR-1 está integrado ao JF-17 do Paquistão. (A. Galante, Ed.)
- Poder Ejecutivo Nacional. (2019). *Página Oficial del Gobierno Argentino*. (D. d. FAA, Editor) Recuperado el 21 de Abril de 2020, de Argentina.gov.ar: <https://www.argentina.gov.ar/fuerzaaerea/direccion-general-de-investigacion-y-desarrollo/centro-de-investigaciones-aplicadas-cia>
- Poggio, G. (27 de Diciembre de 2015). Programa AMX: da concepção à modernização. (A. Galante, Ed.) *Poder Aéreo*. Obtenido de <https://www.aereo.jor.br/>
- Polmar, N., & Allen, T. B. (2012). *World War II: the Encyclopedia of the War Years, 1941-1945* (Vol. I). Mineola, Nueva York, USA: Dover Publication.

- Powell, R. (2003). EW during the V-Force Era . *Royal Air Force Historical Society - Seminar-Electronic-Warfare*(28), 158.
- Rattenbach, B. (., Rey, C. A., Vago, A. P., Boffi, J. A., Sanchez De Bustamante, T. (., & Cabrera, F. (. (1983). “*Informe Final de la Comisión de Análisis y Evaluación de las responsabilidades en el conflicto del Atlántico Sur*”. Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas, Consejo Supremo de las Fuerzas Armadas, Buenos Aires.
- Reim, G. (19 de Agosto de 2019). *Flight Global*. (G. Dunn, Editor, & DVV Media International Limited) Recuperado el 03 de Marzo de 2020, de Flight Global : <https://www.flightglobal.com/fixed-wing/us-navy-looks-to-replace-or-improve-f/a-18e/f-18e/ir-targeting-pods/133971.article>
- Richter, P. (8 de Agosto de 1999). *Orlando Sentinel*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2019, de The Orlando Sentinel : <https://www.orlandosentinel.com/news/>
- Roblin, S. (17 de Diciembre de 2019). How Good Is Russia's New Sukhoi S-70 Okhotnik-B "Hunter" Stealth Drone? (J. Heilbrunn, Ed.) *The national Interest Magazine*.
- Rodman, D. (2005). *Defense and diplomacy in Israel's national security experience : tactics, partnerships, and motives* . Eastbourne, Reino Unido: Sussex Academic Press.
- Rodrigues, L. J. (4 de Setiembre de 1997). Towed Decoys Could Improve Survivability of Current Navy Aircraft. *Report to Congressional Committees*(GAO/NSIAD-97-94). Whashington DC, USA: United States General Accounting Office.
- Rogoway, T. (18 de Abril de 2018). No, The Su-57 Isn't 'Junk:' Six Features We like On Russia's New Fighter. (J. Trevitchick, Ed.) *The War Zone*(Online).
- Rogoway, T. (1 de abril de 2021). The RQ-180 Drone Will Emerge From The Shadows As The Centerpiece Of An Air Combat Revolution. (J. Trevithick, Ed.) *The War Zone*(Online).
- Romero Briasco, J., & Mafé Huertas, S. (1984). *Malvinas, testigo de batallas*. (F. Domenech, Ed.) Virginia, Estados Unidos: Universidad de Virginia.
- Rosoborono Export. (Enero de 2020). *Rosoborono Export - Russia Defence Export*. Recuperado el 19 de Julio de 2020, de Rosoborono Export : <http://roe.ru/eng/>
- Rostec. (6 de Abril de 2016). *Rostec* . Recuperado el 13 de Setiembre de 2019, de Rostec Corporation: <https://rostec.ru/>

- Rovati, A. (15 de Marzo de 2011). *Inteligencia Nacional Argentina*. (A. Rovati, Productor) Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de Inteligencia Nacional Argentina: <https://inteligencia-nacional-argentina.webnode.com.ar/news/proyecto-avion-caza-argentino-saia-90/>
- Royal Air Force. (10 de Enero de 2020). *Royal Air Force*. Recuperado el 18 de mayo de 2020, de Royal Air Force Web Site: <https://www.raf.mod.uk/aircraft/reaper-mq9a/>
- Ruíz Domínguez, F. (01 de Febrero de 2016). *Armas de Energía Dirigida: ¿el fin de las promesas inalcanzadas y el bajo rendimiento de los Sistemas High Energy Laser (HEL)?* Recuperado el 07 de Setiembre de 2019, de Instituto Español de Estudios Estratégicos: [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2016/DIEEEE012-2016\\_ArmasEnergiaDirigida\\_FRuizDominguez.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2016/DIEEEE012-2016_ArmasEnergiaDirigida_FRuizDominguez.pdf)
- Russell, S. (14 de Mayo de 2017). *War History on Line*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2019, de The Daring Bruneval Raid To Capture German Radar Technology: <https://www.warhistoryonline.com/world-war-ii/the-bruneval-raid-bx.html>
- Russia Today. (08 de Julio de 2008). *Russia Today*. (M. Simonyan, Editor, & Nikolov, Alexey) Recuperado el 01 de Abril de 2020, de Russia Today Web Page: <http://russiatoday.ru/business/news/27178>
- Saab Group. (20 de febrero de 2015). *Saab Group*. Recuperado el 11 de febrero de 2020, de Saab Group Web Page: <https://saab.com/region/india/about-saab/saab-in-media/saab-media/2015/selex-es-raven-aesa-radar-on-gripen-ng/>
- Saldívar, J. (Setiembre-Octubre de 1983). Futuro avión de combate. (D. Paolo, & Jorge, Edits.) *Aeroespacio - Revista Nacional Aeronáutica y Espacial*(435), 44-48.
- Sánchez Jiménez, G., Mulero Valenzuela, M., & Saumeth Cadavid, E. (Mayo de 2013). Vehículos aéreos no tripulados en Latinoamérica. (A. Florensa de Medina, Ed.) Madrid, España: Infodefensa.
- Santos Dias, A. (28 de Octubre de 2013). A evolução da artilharia antiaérea brasileira até os dias de hoje e sua atual situação em relação aos demais países da América do Sul. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Río de Janerio, Río de Janerio, Brasil: Exército Brasileiro.
- Saravia, G. E. (julio-setiembre de 1995). Supresión de defensas aéreas. *Revista de la Escuela Superior de Guerra Aérea - RESGA*(189), 38-44.

- Saumeth, E. (12 de Febrero de 2018). *Infodefensa*. (A. Florensa de Medina, Productor, & Information & Design Solutions S.L) Recuperado el 14 de Abril de 2020, de Infodefensa Web Page: <https://www.infodefensa.com/latam/2018/02/12/opinion-fuerza-aerea-colombiana-elbit-systems-hermes.php>
- Schlight, J. (1996). *A war too long - The USAF in Southeast Asia 1961-1975*. EEUU: Air Force History and Museums Program .
- Serra, F. G. (1990). Furtividad, tecnología bélica emergente. (C. S. Nacional, Ed.) *Boletín de Información*(219), 96-110.
- Silva, M. Á. (2003). *Al enemigo primero lo descerebramos* (Vol. I). Buenos Aires, Argentina: Escuela Superior de Guerra Aérea.
- Silva, M. A. (2007). *Diario de guerra del radar Malvinas* (Vol. 1). CABA, Argentina: Editorial Dunken.
- Silva, M. A. (2012). *Las misiones Black Buck*. (M. A. Silva, Ed.) CABA, Argentina.
- Singhal, G., Bansod, B., & Mathew, L. (27 de Noviembre de 2018). Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review. Singhal, Gaurav; Bansod, Babankumar; Mathew, Lini. (1). Chandigarh, India.
- Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT). (2009). *La Guerra Electrónica en España* (Vol. I). (M. d. España, Ed.) Madrid, España: Ministerio de Defensa.
- SOPT. (Agosto de 2009). UAS:sobre su integración en el espacio aéreo no segregado. *Monografías del SOPT, I*(En línea). (S. G. Técnica, Ed.) Madrid, España: Ministerio de Defensa del Reino de España.
- Speed, J., & Stathopoulos, P. (spring/summer de 2018). SEAD Operations of the Future The Necessity of Jointness. (M. Spit, Ed.) *The journal of Joint Air Power Competence Centre*(26).
- Spets Tecno Export. (2018). *Aircraft engineering and maintenance Catalogue 2018*. Recuperado el 15 de Setiembre de 2019, de Spets Tecno Export: [https://spetstechnoexport.com/system/documents/attachments/000/000/046/original/02-Aircraft\\_engineering\\_and\\_maintenance\\_Screen.pdf?1533745469](https://spetstechnoexport.com/system/documents/attachments/000/000/046/original/02-Aircraft_engineering_and_maintenance_Screen.pdf?1533745469)
- Staff of JED. (2004). *International Electronic Countermeasures Handbook 2004 - Journal of Electronic Defence* (Rivers, Brendan ed.). (M. Puttré, Ed.) Norwood, Massachusetts, EEUU: Horizon House Publication Inc.

- Stanik, J. (2003). *El Dorado Canyon: Reagan's Undeclared War with Qaddafi*. Annapolis, Maryland, EEUU: First Naval Institute Press.
- Stein, D. J. (1987). *The development of NATO tactical air doctrine 1970-1985*. EEUU: The Rand Corporation.
- Stewart, J. C. (04 de Febrero de 2002). Joint Suppression of Enemy Air Defenses (J-SEAD): A Command and Control Method to Counter the Mobile Air Defense Threat . (J. M. Department, Ed.) Newport, Rhode Island, Estados Unidos.
- Stiles, G. (1990). *The Wild Weasel development programs, one run, one hit, one error*. The RAND Corporation, Graduation School. Santa Monica: The RAND Corporation.
- Stillion, J., & Orletsky, D. T. (1999). *Airbase Vulnerability to Conventional Cruise-Missile and Ballistic-Missile Attacks*. Washington D.C., Washington D.C., Estados Unidos: RAND Corporation.
- Taghvaei, B. (2017). The flying dolphins of Russian Air Force. (M. Ogden, Ed.) *Heliops Frontline*(13), 136.
- TASS. (3 de Agosto de 2019). Russian heavy strike drone Okhotnik makes first flight. (M. Petrov, Ed.) *TASS - Russia News Agency*(Online).
- Terma Group. (04 de Abril de 2018). *Terma* . (K. Rasmussen, Productor) Recuperado el 16 de Diciembre de 2019, de Terma Web Site: <https://www.terma.com/press/news-2017/missile-warning-and-3d-audioanr-for-belgian-defence-f-16/>
- Thai Military and Asia Region - World Press. (22 de Noviembre de 2015). *Thai Military and Asia Region - World Press*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2019, de Thai Military an Asia Region - World Press Web Site: <https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2015/11/22/eurocopter-ec725/>
- The Hook Staff. (Summer de 2015). Prowlers and Growlers, Electronic Warfare Superstar . (S. C. Tucker, Ed.) *The Hook Magazine*, 26-35.
- The Space Daily. (09 de Marzo de 2004). *The Space Daily*. (S. Mansfield, Editor, & Space Media Network) Recuperado el 14 de Diciembre de 2019, de The Space Daily Web Site: <https://www.spacedaily.com/news/missiles-04i.html>
- Thigpen, J. E. (15 de Mayo de 1989). ABSTRACT - MAGTF Air Defense And Maneuver Warfare. *Marine Corps Command and Staff College*. Quantico, Virginia, EEUU: Marine Corps Command and Staff College.

- Timoféichev, & Alexéi. (15 de Febrero de 2019). *Afganistán 1986. El Ejército soviético, a la caza de los Stinger estadounidenses*. (M. Simonián, Productor, & TV-Nóvosti) Recuperado el 2019 de Setiembre de 21, de Russia Beyond: <https://es.rbth.com>
- Timofeychev, A. (17 de Febrero de 2019). Why were the Soviets hellbent on finding U.S.-made Stinger missiles in Afghanistan? (V. Pulya, Ed.) *Russia Beyond*.
- Tirpak, J. A. (14 de Marzo de 2016). All For One and All for All. (T. Naegele, Ed.) *Air Force Magazine*, 99(2). Recuperado el 17 de Enero de 2020, de Air Force Magazine: <https://www.airforcemag.com/all-for-one-and-all-for-all/>
- Trevithick, J. (1 de Octubre de 2019). China Showcases Stealthier Sharp Sword Unmanned Combat Air Vehicle Configuration. (J. Trevithick, Ed.) *The War Zone*(Online).
- Trevithick, J., & Rogoway, T. (18 de Mayo de 2019). *The Drive - The War Zone*. (K. Cheromcha, Editor, M. Spinelli, Productor, & Acton Media Inc.) Recuperado el 02 de Marzo de 2020, de The Drive - The War Zone: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/>
- U.S. Air Force. (16 de Diciembre de 2015). *U.S. Air Force*. (Air Force Global Strike Command Public Affairs Office) Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de U.S. Air Force: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104482/b-2-spirit/>
- UK Ministry Of Defence. (29 de Octubre de 2015). Assets Publishing Service. *Operation HERRICK (Afghanistan) Aircraft Statistics, I(1)*. Londres, Reino Unido. Recuperado el 22 de Abril de 2020, de <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/>
- US Air Force. (27 de Octubre de 2014). *U.S. Air Force*. Recuperado el 14 de Agosto de 2020, de U.S. Air Force Web Page: <https://www.af.mil/>
- Van Nederveen, G. (2003). *Sparks Over Vietnam: The EB-66 and the Early Struggle of Tactical Electronic Warfare*. Forest Grove, Oregon, Estados Unidos: Pacific University Press.
- Van Staaveran, J., Wolk, H. S., & Slade, S. (2013). *Air War Vietnam. Plans and Operations 1961 - 1968*. Newton, EEUU: Defence Lyon Publication.
- Vogelaar, R. (13 de Setiembre de 2010). *Lockheed Martin F-35 Leads To New Titanium Machining Process*. (M. Van Leeuwen, Editor, M. Van Leeuwen, Productor, & Aviation News) Recuperado el 11 de Diciembre de 2020, de Aviation News EU: <http://www.aviationnews.eu>
- Waldon, G. (23 de Octubre de 2013). KAI shows off two designs for KFX fighter. (M. Targett, Ed.) *Flight Global*. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de Flight Global:

<https://www.flightglobal.com/news/articles/pictures-kai-shows-off-two-designs-for-kfx-fighter-392262/>

Waldon, G. (23 de Octubre de 2013). KAI shows off two designs for KFX fighter. (Targett, & Michael, Edits.) *Flight Global*. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de Flight Global: <https://www.flightglobal.com/news/articles/pictures-kai-shows-off-two-designs-for-kfx-fighter-392262/>

Ward, N. D. (1992). *Sea Harrier Over the Falklands, a Maverick at War* (Primera ed.). Londres, Reino Unido: Leo Cooper.

Werner, B. (21 de Noviembre de 2019). *United State Naval Institute*. (R. O. Work, Productor) Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de USNI: <https://news.usni.org/2019/11/21/royal-navy-intends-hms-queen-elizabeth-to-be-integrated-into-u-s-carrier-operations>

Werrell, K. (1985). *The Evolution of the Cruise Missile* (2a edición ed.). Maxwell, Alabama, EEUU: Air University Press.

Werrell, K. (2005). *Archie to Sam. A Short Operational history of Ground-Based Air Defense*. Maxwell, Estados Unidos: Air University Press.

Westermann, E. B. (1997). *The Limits Of Soviet Airpower: The bear versus the Mujahideen in Afghanistan, 1979-1989* (School of Advanced Airpower Studies ed.). Maxwell, Alabama, EEUU: Air Force University.

Winter, M. (2018). *Statement of Vice Admiral Mathias Winter Program Executive Officer F-35 Lightning II Program PROGRAM*. Avance de Programa, Tactica Air And land Forces Subcommittee - House Armed Services Committee, U.S. House of Representatives, Washington DC.

Withington, T. (2008). *Wild Weasel Fighter Attack: The Story of the Suppression of Enemy Air Defences*. Londres, Reino Unido: Casemate Publishers.

Wolf, J. (10 de Setiembre de 2009). *Reuters*. (A. Galloni, Editor, & Reuters ) Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Thomson Reuters Corporation: <https://www.reuters.com>

Wolff, S. (17 de Agosto de 2014). *To suppress and destroy: a history of the Wild Weasel*. (N. Coffman, Ed.) Recuperado el 2019 de Diciembre de 15, de SOFREP Military Grade Content: <https://sofrep.com/fightersweep/history-of-the-wild-weasel-part-3/>

- World Digital Library. (22 de Setiembre de 2014). *World Digital Library*. (WDL, Productor) Recuperado el 03 de 11 de 2018, de Telegrama de Orville Wright (Kitty Hawk, Carolina del Norte) a su padre: <https://www.wdl.org/es/item/11372/>
- Yeager, H. R. (1945). *Grafic Survey of Radio and Radar Equipment Used by the Army Air Force's - Countermeasure Equipment*. Wright Field, Dayton, Ohio, EEUU: USARMY.
- Zaloga, S. (2011). *Unmanned Aerial Vehicles: Robotic Air Warfare 1917-2007*. Oxford, Reino Unido: Osprey Publishing.
- Zeevi, D. (23 de Agosto de 2003). *Defence Update* . (N. Eshel, Editor, T. Eshel, Productor, & Defence Update Magazine Israel) Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de Defence Update Magazine: <https://defense-update.com/>
- Zerekhin, A. (17 de Mayo de 2019). *Sputnik News*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2020, de Sputnik News: <https://mundo.sputniknews.com/>
- Zikidis, K., Skondras, A., & Tokas, C. (2014). Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies . *Journal of Computations & Modelling* , IV(1), 129-165 .
- Zona Militar. (23 de Abril de 2018). *Zona Militar*. (F. Reigosa Strace, Editor, C. Borda Bettolli, Productor, & Zona Militar) Recuperado el 13 de Diciembre de 2020, de Revista Zona Militar Web: <https://www.zona-militar.com/>