



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Técnicas de evaluación de alternativas: aplicaciones a la toma
de decisiones en la Armada*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Pablo Bayo González

DIRECTORES: Rafael M. Carreño Morales

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_deVigo



**Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar**

TRABAJO FIN DE GRADO

*Técnicas de evaluación de alternativas: aplicaciones a la toma
de decisiones en la Armada.*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

Todos los días nos vemos enfrentados a la toma de decisiones en múltiples aspectos de la vida. En la Armada, como en cualquier otra organización o empresa, se toman decisiones a diferentes niveles, operativas o estratégicas. Sin embargo, a la hora de tomar una decisión, no se aplica ni se conoce de forma regular ningún método estándar que ayude a dicho proceso, por tanto, se da pie a cometer errores causados mayoritariamente por la subjetividad del decisor.

En este TFG pretendemos demostrar y dar a conocer uno de los métodos multicriterio más conocidos para la toma de decisiones, el Proceso Analítico Jerarquizado, también conocido como AHP, por sus siglas en inglés. El motivo por el que escogemos este método es por haber sido probada su eficacia y objetividad en numerosas organizaciones de prestigio, como la Armada de los Estados Unidos (U.S. Navy).

Realizamos un caso práctico de aplicación real del método AHP en la compra de un nuevo helicóptero naval multipropósito, que sustituya a los ya anticuados helicópteros SH-3D de la quinta escuadrilla, pendientes de baja este año 2016. Como resultado obtenemos que de entre las alternativas expuestas en la memoria, el helicóptero AW-101, sería la mejor opción de compra. Para dicho resultado hemos tenido en cuenta cinco criterios, a los que hemos asignado diferentes valores numéricos de importancia basándonos principalmente en la experiencia de otros oficiales de la Armada y la nuestra propia.

Por último proponemos la creación de una herramienta informática, como línea futura, que simplifique el proceso y pueda ser implementada en la Armada para diferentes casos de toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE

Decisiones, criterios, evaluación, alternativas, planes, Armada.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, D. Rafael M. Carreño, su labor de guía a lo largo de todo el trabajo, y sobre todo el haber conseguido motivarme con un tema al principio tan árido y desconocido para mí.

Gracias a su apoyo y experiencia he sido capaz de llevar a cabo este trabajo, y superar el reto que su realización ha supuesto para mí, aportando mi granito de arena al conocimiento de “La toma de decisiones en la Armada”, tema que es ya para mí tan familiar como ilusionante.

Al Capitán de Navío D. José Joaquín Crespo Páramo, diplomado en Estado Mayor y experto en planes y logística de la Armada, por su inestimable aporte de información e incansable colaboración a lo largo de todo el trabajo a pesar de sus múltiples e importantes ocupaciones.

Al Capitán de Fragata D. Ramón Touza Gil, Jefe de la Unidad de Estadística de la Armada por su colaboración y aporte de la información relacionada con la toma de decisiones en la Armada.

Al Teniente de Navío D. Manuel Peñuelas Ros, piloto naval de la 11ª escuadrilla de aeronaves de la Armada, por transmitirme su experiencia en el mundo aeronaval y aportarme la información sobre aeronaves necesaria para la realización de este trabajo.

A la Escuela Naval Militar y al Centro Universitario de la Defensa de la Universidad de Vigo, por formarme durante estos últimos cinco años como militar y como ingeniero, transmitiéndome los conocimientos que han hecho posible que haya sido capaz de acometer este trabajo.

Y por último, pero no menos importante, a mi padre, el Capitán de Navío D. Juan Manuel Bayo Pérez, por servir de apoyo moral y enlace directo con oficiales que han aportado información de interés para la realización de este trabajo, aparte de ser el impulsor de que haya decidido investigar sobre la temática del presente documento.

CONTENIDO

Contenido	1
Abreviaturas	3
Índice de Figuras	5
Índice de Tablas.....	6
1 Introducción y objetivos.....	7
1.1 Introducción	7
1.2 Objetivos	8
2 Estado actual y avances en la toma de decisiones.....	9
2.1 Introducción a la problemática de la toma de decisiones.....	9
2.2 La investigación operativa	10
2.3 Modelos deterministas y no deterministas	11
2.4 Teoría de la decisión	13
2.4.1 Decisiones multicriterio.....	13
2.4.2 Otros métodos.....	18
2.5 El proceso de toma de decisiones en la Armada.....	18
2.6 Posibles aplicaciones del método AHP en la Armada	25
2.6.1 Rutas de escape en una fragata	25
2.6.2 Cómo proteger a una unidad valiosa	25
2.6.3 Gestión de personal.....	25
2.6.4 Elegir la ruta de patrulla más segura.....	26
2.6.5 Cómo aprovechar al máximo el espacio de carga logística en un buque.	26
3 Aplicación del método AHP a la compra de un helicóptero multipropósito para la Armada.....	27
3.1 Contextualización.....	27
3.1.1 Helicóptero NH-90	29
3.1.2 Helicóptero V-22 Osprey.....	31
3.1.3 Helicóptero SH-60	33
3.1.4 Helicoptero AB-212/ UH-1Y	36
3.1.5 Helicoptero AW101	38
3.2 Definición del problema y criterios	40
3.2.1 Matrices de comparación de criterios por pares	43
3.2.2 Matrices de comparación de criterios	46
3.2.3 Matrices de comparación de criterios normalizadas.....	46
3.2.4 Matriz comparación de criterios normalizada	48

3.2.5 Consistencia.....	49
4 Resultados	53
4.1 Toma de decisión	53
4.1.1 Elección final de la mejor alternativa	53
4.1.2 Consideraciones susceptibles de afectar al resultado	54
5 Conclusiones y líneas futuras	55
5.1 Conclusiones finales	55
5.2 Desarrollo de una herramienta informática que aplique AHP	55
5.3 Cumplimiento de objetivos y líneas futuras.....	56
6 Bibliografía.....	57
Anexo I: Ficha técnica nh-90	60
Anexo II: Ficha técnica AW101	62
Anexo III: Ficha técnica uh-1y.....	63
Anexo IV: Ficha técnica V-22 Osprey	64
Anexo V: Ficha técnica MH-60S	65
Anexo VI: Cálculos en Microsoft Excel	2

ABREVIATURAS

AEW	Unidad Aérea de Alerta Temprana (inglés).
AHP	Proceso Analítico Jerárquico (inglés).
AJEMA	Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada.
ASUW	Guerra Antisuperficie (inglés).
ASW	Guerra Antisubmarina (inglés).
CASEVAC	Evacuación de Heridos (inglés).
CESEDEN	Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional.
CI	Índice de Consistencia (Inglés).
CME	Catálogo de Material Excedente.
CR	Cociente de Resistencia (inglés).
CSAR	Búsqueda y Rescate en Combate (inglés).
DDN	Directiva Defensa Nacional.
DIENA	Dirección de Enseñanza Naval.
DIPER	Dirección de Personal de la Armada.
DPD	Directiva de Política de Defensa.
DPM	Directiva de Planeamiento Militar.
EA	Ejército del Aire.
ELECTRE	Algoritmo de Traducción de Elección y Eliminación (Inglés)
EM	Estado Mayor.
EMA	Estado Mayor de la Armada.
ET	Ejército de Tierra.
ETSIAN	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales.
EW	Guerra Electrónica (inglés).
FLIR	Sensor de observación infrarrojo (inglés).
GIMO	Grupo Investigación Militar Operativa.
IO	Investigación Operativa.
JEMAD	Jefe del Estado Mayor de la Defensa.
LAMPS	Sistema Multipropósito Aerotransportado Ligero (inglés).
MEDEVAC	Evacuación Médica (inglés).
MCC	Matriz de Comparación de Criterios.
MCCN	Matriz de Comparación de Criterios Normalizada.
MCN	Matriz de Comparación Normalizada.
MCP	Matriz de Comparación por Pares.

MCPN	Matriz de Comparación por Pares Normalizada.
MP	Matriz de Prioridad.
NFH	Helicóptero para Fragata OTAN (inglés).
MIO	Operaciones de Interdicción Marítima (inglés).
NSW	Guerra Naval Especial (inglés).
OCM	Objetivos de Capacidades Militares.
OPP	Proceso de Planeamiento Operativo (inglés).
RCS	Sección Equivalente Radar (inglés).
RI	Índice Aleatorio (inglés).
SEDEF	Secretario de Estado de Defensa.
SEGENPOL	Secretario General de Política de Defensa.
SUBDEF	Subsecretario de Defensa.
TFG	Trabajo de Fin de Grado.
TRU	Unidad Informadora de Objetivos (inglés).
VAR	Valor de riesgo (inglés).
VERTREP	Reaprovisionamiento Vertical (inglés).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Pasos del proceso de obtención de material en Defensa [11].....	23
Figura 2-2 Células de un EM conjunto [13].....	24
Figura 3-1 SH-3D Sea King de la 5ª escuadrilla de aeronaves [14].....	28
Figura 3-2 Helicóptero NH-90 [15].....	29
Figura 3-3 NH-90 Naval [16].....	30
Figura 3-4 V-22 Osprey [17].....	31
Figura 3-5 V-22 Osprey (Tomada de [19])	32
Figura 3-6 Características V-22 Osprey [19]	32
Figura 3-7 Helicóptero SH-60 [20]	33
Figura 3-8 MH-60S [21].....	35
Figura 3-9 Helicóptero AB-212 [23].....	36
Figura 3-10 UH-1Y [24].....	37
Figura 3-11 Helicóptero AW101 [26]	38
Figura 3-12 HM-1 [26].....	39
Figura 3-13 Definición del problema	42
Figura I-1 Dimensiones NH-90 [28]	60
Figura II-1 Ficha técnica AW101 [30]	62
Figura III-1 Ficha técnica UH-1Y [24]	63
Figura IV-1 Ficha técnica V-22 Osprey [19]	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Elementos en la toma de decisiones con incertidumbre o riesgo [6].....	12
Tabla 2-2 Escalas de comparación de Saaty [10].....	17
Tabla 3-1 Especificaciones NH-90 [16].....	30
Tabla 3-2 Especificaciones UH-1Y [25].....	37
Tabla 3-3 Especificaciones AW101 [26].....	39
Tabla 3-4 MCP, Capacidad de Carga.....	43
Tabla 3-5 MCP, Coste.....	43
Tabla 3-6 MCP, Autonomía.....	44
Tabla 3-7 MCP, Velocidad.....	44
Tabla 3-8 MCP, Stealth.....	45
Tabla 3-9 MCC.....	46
Tabla 3-10 MCN de Capacidad de Carga.....	47
Tabla 3-11 MCN de Coste.....	47
Tabla 3-12 MCN de Autonomía.....	47
Tabla 3-13 MCN de Velocidad.....	48
Tabla 3-14 MCN de Capacidad ‘Stealth’.....	48
Tabla 3-15 MCCN.....	48
Tabla 3-16 RI [27].....	49
Tabla 3-17 Consistencia Capacidad de Carga.....	50
Tabla 3-18 Consistencia Coste.....	50
Tabla 3-19 Consistencia Autonomía.....	51
Tabla 3-20 Consistencia Velocidad.....	51
Tabla 3-21 Consistencia Capacidad ‘Stealth’.....	52
Tabla 4-1 Vector de prioridad global.....	53

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Todos los días, tanto en el ámbito civil como militar, los profesionales nos vemos enfrentados a la toma de decisiones en muy diversas situaciones. En el ámbito naval, más concretamente en la Armada, muchas de estas elecciones son cruciales para el correcto funcionamiento de la organización: la selección de la ruta más rápida para el abandono de un buque, la compra de nuevo material, asignación de presupuestos, unidades que desplegar en misión... [1].

En el ámbito de la Armada, muchas decisiones que se toman a diario son cruciales para correcto funcionamiento de la institución: selección de personal para ocupar cargos de responsabilidad como mandos de buques y unidades, la compra de nuevo material, asignación de partidas de los siempre escasos presupuestos a distintos fines, que unidades desplegar para una misión determinada, etc...

Por ello, los órganos de decisión y los estados mayores, siempre buscan lo mismo: lo mejor entre todas las posibles soluciones.

Pero, no siempre es fácil dar con la mejor opción. Todas las opciones tienen sus ventajas y sus inconvenientes. No basta tener definido el problema, no es suficiente con tener recopilados todos los datos necesarios, no basta con plantear todas las alternativas posibles. Queda lo más difícil: que no es acertar con la solución correcta sino con la mejor solución y la más adecuada para cada caso.

Para apoyar sus mandos en la toma de las decisiones, presentándole las mejores opciones posibles, la Armada cuenta actualmente el Grupo de Investigación Militar Operativa (GIMO), formado por un conjunto de 13 oficiales que trabajan en el desarrollo de métodos matemáticos, algoritmos y simulaciones por ordenador. [1].

Sin embargo, la ciencia que rodea a esta importante tarea es una gran desconocida para la mayoría de miembros de la Armada por lo que es muy poco utilizada y está poco desarrollada.

Por ello, hemos decidido realizar este TFG con el ánimo de investigar y dar a conocer las numerosas técnicas a nuestro alcance para la correcta toma de decisiones en todos los aspectos del trabajo encomendado a la Armada.

La teoría de las decisiones moderna, tal y como la conocemos hoy en día, se ha ido desarrollando desde mediados del siglo XX en un ambiente un poco extra académico. Hoy en día ya totalmente aceptada e introducida en un ambiente académico interdisciplinar donde tienen cabida todas las ramas del conocimiento humano: economía, estadística, psicología, matemáticas, politología, filosofía, informática etc...

Un psicólogo estudiará el comportamiento de un individuo que toma decisiones, y un filósofo los requisitos para la toma de decisiones racional. Sin embargo, existe un gran solapamiento entre las mismas que han conseguido enriquecer dicha teoría gracias a la cantidad de métodos diferentes que se han aplicado a problemas similares o iguales [2].

1.2 Objetivos

En el presente trabajo pretendemos abordar una serie de objetivos que a continuación exponemos:

En primer lugar, exponer e investigar las técnicas más actuales sobre la elección de alternativas para la toma de decisiones y sus avances. Nos pondremos en contacto con personal de la Armada involucrada en la toma de decisiones, tanto a nivel operativo como a nivel estratégico, para saber qué procedimiento se lleva a cabo en la toma de decisiones en la organización.

En segundo lugar, plantearemos diferentes situaciones en las que es posible aplicar la evaluación de alternativas en el entorno profesional de un oficial de la Armada, tanto de Cuerpo General como de Infantería de Marina, entre ellas la elección de un nuevo tipo de helicóptero multipropósito naval a bordo de las unidades.

A continuación aplicaremos la técnica más adecuada y utilizada en un caso real del ámbito naval, estableciendo finalmente una comparación de resultados y demostrando la efectividad de estos métodos.

Por último, dar a conocer y estandarizar estas herramientas de ayuda a la toma de decisiones para futura aplicación como método común en la Armada u otros organismos de la Defensa.

2 ESTADO ACTUAL Y AVANCES EN LA TOMA DE DECISIONES

2.1 Introducción a la problemática de la toma de decisiones.

La toma de decisiones es un proceso de vital importancia en cualquier organización, ya sea esta una empresa privada, pública o una institución sin ánimo de lucro.

Se puede pensar, por ejemplo, en la toma de decisiones por parte de la gerencia de una empresa industrial ubicada en España que debe elegir en qué localidad instalará su próxima planta de fabricación. También se puede considerar la toma de decisiones tan trascendental que tuvo que llevar a cabo el presidente de los EEUU H. S. Truman para autorizar el uso de la bomba atómica contra Japón [3].

El Diccionario de la Real Academia Española define ‘decisión’ como “determinación, resolución que se toma o se da en un asunto dudoso” [4]. Así, se supone que el decisor, debe elegir o tomar una opción entre dos o más alternativas deseadas y abandonar aquellas que no elige.

A la hora de tomar una decisión compleja, los responsables de las organizaciones suelen seguir un proceso muy similar al propuesto en el siguiente esquema:

1. Definición del problema
2. Análisis del problema
3. Identificación y ponderación de criterios para la toma de decisiones
4. Generación de soluciones alternativas
5. Evaluación de alternativas
6. Selección de la mejor alternativa
7. Implementación de la solución elegida
8. Evaluación de los resultados de la decisión tomada

Precisamente, cuando los problemas que se deben abordar entrañan cierta complejidad, los responsables y decisores de las organizaciones necesitan herramientas que permitan modelar los problemas. Normalmente, se utilizan modelos matemáticos que proporcionarán las bases para tomar una decisión. Las herramientas que se utilizan para ayudar a la toma de decisiones son las matemáticas, la estadística y la informática. Entonces, la utilización de diferentes técnicas para resolver los modelos planteados constituye la disciplina que se denomina Investigación de Operaciones (u Operativa). Las técnicas o métodos que se desarrollaron para la resolución de problemas también se llaman métodos cuantitativos.

Fue la Fuerza Aérea Británica, durante la Segunda Guerra Mundial, la que llevó a cabo las primeras actividades de investigación de operaciones (IO). Se desarrollaron métodos cuantitativos para resolver problemas de gestión o administración de recursos sujetos a carencia o escasez. Equipos de

científicos, físicos e ingenieros, plantearon técnicas para tomar decisiones enfocadas a la utilización más eficiente de los materiales y artículos necesarios para la guerra. Cuando finalizó la guerra, las ideas planteadas en las operaciones militares se adaptaron para mejorar la eficiencia y productividad en las empresas e industrias del ámbito civil [5].

Los métodos utilizados hasta la fecha en la toma de decisiones son de muy diferente índole y la selección de los mismos dependerá del tipo de problema que se presente en cada situación. A continuación expondremos los diferentes métodos, divididos en tres grandes bloques, centrándonos poco a poco en el objeto de este Trabajo de Fin de Grado que será la decisión multicriterio, más concretamente el método de Procesos Analíticos Jerárquicos (AHP, por sus siglas en inglés) y lo aplicaremos al modelo actual de toma de decisiones en la Armada con un caso práctico real.

En la decisión multicriterio, las consecuencias siempre están claramente determinadas, en cambio el conflicto lo encontraremos en saber definir qué es lo mejor y que no lo es tanto, por lo que contaremos con varias posibilidades en conflicto.

En la teoría de la decisión con riesgo, en la cual el azar juega un papel muy importante, se estudia la toma de decisiones sin saber bien el posible resultado final, por lo que las consecuencias no quedan claramente determinadas de antemano.

Finalmente la teoría de juegos, cuyas consecuencias están definidas no sólo por la decisión que toma el sujeto sino también por la de otros jugadores participantes [6].

2.2 La investigación operativa

La investigación operativa o investigación de operaciones, como también se conoce, se define como *'la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización'* [7].

A esto se dedica precisamente el GIMO, o Grupo de Investigación Militar Operativa, creado en 1968 que, lejos de cualquier base naval, el GIMO comparte instalaciones con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales (ETSIAN) en Madrid. En este equipo, formado por 13 oficiales de la Armada, la ciencia se pone al servicio de la estrategia y de la táctica militar, buscando la solución a problemas como la seguridad, aprovechamiento de espacio de carga, recortes presupuestarios o retos logísticos de las operaciones.

Para entender la relevancia de la investigación operativa en el entorno militar actual hay que ir al nacimiento de esta ciencia, en plena II Guerra Mundial, durante la Batalla Aérea Británica. Dada su reducida capacidad aérea, el gobierno británico convocó a científicos de varias especialidades (matemáticos y psicólogos) para que propusieran alternativas que pudieran maximizar el uso de sus radares ante la ofensiva de la Fuerza Aérea alemana. Como consecuencia de la lluvia de ideas de los científicos, se recolocaron las antenas y señales hasta potenciar de forma exponencial el sistema de defensa aérea. La investigación de esta operación logró que Londres esquivara el dominio nazi.

Aunque la Batalla Aérea Británica se considere el momento inaugural de esta ciencia, los indicios de la investigación operativa militar se pueden encontrar en las aportaciones que hicieron los ilustres matemáticos como Arquímedes o Leonardo da Vinci en tiempos de conflicto bélico. El científico griego se implicó en la II Guerra Púnica analizando y proponiendo soluciones. Entre sus hallazgos operacionales está un sistema de espejos que, si estaban enfocados correctamente hacia el sol, permitían incendiar las embarcaciones enemigas. Varios siglos más tarde, Da Vinci aportó sus conocimientos de bombardeos, cañones y catapultas en la guerra contra Pisa en 1503.

Hoy en día esta disciplina también se conoce como 'ciencia de la administración' o 'ciencias de la gestión' y se ha extendido al mundo de la empresa y de la industria civil para el apoyo de decisiones.

En la Armada, el GIMO se creó en diciembre de 1968 bajo la dirección del Teniente Coronel de Intendencia Mateo Fernández-Chicharro. En sus primeros años, el grupo se nutrió de militares de reemplazo que eran matemáticos e hicieron su servicio militar en el GIMO. La aportación de estos científicos fue crucial en los albores de la investigación operativa española. Los dos primeros problemas que se estudió el grupo fueron el apresamiento de pesqueros por patrulleros de distintas nacionalidades y la determinación de las necesidades de patrulleros ligeros y pesados en las diferentes zonas marítimas. Actualmente, la naturaleza de sus estudios sigue siendo esencialmente la misma. Los problemas que se investigaban entonces son similares a los de ahora pero las herramientas con las que cuentan para resolverlos son distintas.

A pesar de todos los avances que se han hecho, los responsables del GIMO admiten que se podría haber hecho más investigación en esta y otras áreas, pero existe un desconocimiento de las posibilidades de la unidad dentro de la propia Armada. Un ejemplo es el ámbito del ahorro energético, en el que aseguran que no hay limitación.

Al mismo tiempo, el GIMO lanza una invitación a las unidades de la Armada para que hagan uso de sus servicios.

En las marinas de nuestro entorno que dedican más medios a la investigación operativa se hace un seguimiento de los resultados de estos estudios. Sin embargo, en España es difícil traducir las investigaciones a euros ahorrados, puesto que no existe una verdadera retroalimentación de resultados que pueda decir si se ha conseguido el objetivo [1].

2.3 Modelos deterministas y no deterministas

De una forma básica, podemos hablar de dos tipos de modelos o sistemas:

- Modelo determinista, en el que la evolución de los fenómenos está totalmente determinada por las condiciones iniciales.
- Modelo no determinista, en el cual la evolución en el tiempo es aleatoria o estocástica pudiendo existir o no una distribución de probabilidades.

En los modelos deterministas, la mayor dificultad surge cuando queremos elegir una de las posibles soluciones, ya que no es posible controlar las consecuencias, debido a que éstas están siempre sujetas a la aleatoriedad; normalmente esta aleatoriedad puede venir, tanto porque el proceso pueda estar gobernado por el azar, como por una falta de información que nos impida determinar con exactitud cuáles son esas consecuencias.

Con lo cual, el decisor tiene que poder decidirse ante una situación con varias posibilidades dirigidas por el azar.

Para entender esta técnica debemos definir primero una serie de elementos que intervienen en ella: definiremos los diferentes escenarios o estados naturales posibles como 'E', posibles objetos o alternativas como 'A', llamaremos 'X' a las consecuencias de tomar una decisión 'A' y 'p' la probabilidad de cada uno de los estados 'E'. Éste último elemento no será conocido en numerosas ocasiones. Dependerá del conocimiento de dicho parámetro el grado de riesgo que asumiremos, es decir, si las probabilidades son conocidas la decisión será de bajo riesgo, mientras que si no lo son la decisión de tomará bajo incertidumbre. Estos elementos se plasman en una tabla que facilitará la comprensión del problema que se exponga:

	E_1	E_2	...	E_m
	p_1	p_2	...	P_m
A_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1m}
A_2		X_{22}	...	x_{2m}
...
A_n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nm}

Tabla 2-1 Elementos en la toma de decisiones con incertidumbre o riesgo [6]

Bajo este criterio, lo complicado será cómo darle un valor a las posibles alternativas decisiones que se nos presenten con el objeto de poder diferenciarlas y poder decidir la óptima. A sí mismo, podremos hacer diferentes clasificaciones atendiendo a las probabilidades de los estados de la naturaleza o no.

En el caso de hacerlo, diferenciaremos entre:

1. Criterio de valor esperado, el cual nos dice que selecciones el que sea mejor o nos aporte mayor beneficio. Utilizaremos este criterio en los casos en los que el proceso de decisión se realice repetidas veces para las mismas condiciones.
2. Criterio del más probable, que como su nombre indica, supone seleccionar la alternativa con mayor probabilidad de que ocurra. Más utilizados cuando el proceso de toma de decisión se va a realizar una sola vez.
3. El criterio de escenario medio será utilizado cuando juguemos con varios estados numéricos. Crearemos un único escenario que sea una media ponderada de todos ellos y así poder simplificar todo el proceso. Tendremos que tener en cuenta que el escenario medio podrá distar mucho de alguno de los presentes, por lo que éste criterio tendría que ser descartado.
4. Criterio VaR (valor de riesgo), muy utilizado en finanzas, en el que el número de escenarios es muy elevado o continuo. No entraremos en detalle pues es poco utilizado suele ir acompañado del criterio de valor esperado, por lo que es considerado multicriterio.

Cuando no utilizamos el estado de la naturaleza diferenciaremos entre los siguientes criterios:

1. Pesimista o de Wald, el cual presupone lo peor de cada caso, así que elegiremos la alternativa que de mejor resultado entre las presupuestas. Con esta visión pesimista nos aseguraremos un mínimo de calidad siempre. Hemos de tener en cuenta de lo que estamos hablando. Por ejemplo, si estuviéramos hablando de costes, tendríamos que tener en cuenta que lo peor de cada alternativa será la consecuencia más alta, de la que finalmente elegiremos la de coste más bajo.
2. Optimista. Al contrario que la anterior, se presupondrá que va a ocurrir lo mejor de cada caso y se elegirá lo mejor. Sin embargo no se está teniendo en cuenta el riesgo realmente, por lo que es muy poco utilizado.
3. Cuando combinamos los dos criterios anteriores estamos utilizando el criterio de Hurwicz. Este criterio aplica una ponderación entre lo mejor, multiplicándola por un valor entre cero y uno llamado el índice de optimismo, y lo peor posible.
4. Por último, el criterio de Savage, que considera el coste de oportunidad o penalización.

2.4 Teoría de la decisión

2.4.1 Decisiones multicriterio

Como ya se hemos expuesto en la introducción, el problema principal a la hora de decidir opción más deseada es definir qué es lo mejor entre lo posible. Respecto a lo posible, habrá que definir las alternativas posibles que exista, este conjunto de alternativas podrá ser continuo o discreto. En el caso de que sea posible numerar las alternativas y tratarlas explícitamente estaremos hablando de alternativas discretas, mientras que si estas no están explícitamente definidas y son incontables estaremos hablando de alternativas continuas. En cuanto a lo mejor, podremos definirlo con un solo criterio, como hacemos en la teoría de decisiones con riesgo, o según varios, como se hace con esta técnica de decisión.

El cometido de los métodos multicriterio para la Ayuda en la toma de decisiones consiste en dar un apoyo para elegir entre un gran número de alternativas, en donde propone una clasificación de estas alternativas que tienen en cuenta sus preferencias. Las alternativas son parte esencial en los métodos multicriterio debido a que al decisor tiene un gran número de posibilidades entre las que puede elegir. Al poder jerarquizar los métodos multicriterio las alternativas son evaluadas, es decir, hacen medibles las características propias de las posibilidades presentadas. Medir se encuentra en todo, es parte necesaria de la vida del ser humano. Medir es comparar, es expresar el resultado con ayuda de un valor numérico sobre bases reconocidas y cuyas características del referencial se establecen claramente. Por lo tanto la medida se convierte en una herramienta de desarrollo del sistema. [8]

Para las técnicas de toma de decisiones deberemos conocer una serie de conceptos básicos que utilizaremos más adelante. Uno de ellos es el atributo, es decir el valor de una decisión sin tener en cuenta al decisor. Normalmente los atributos serán contrarios y competidores por lo que serán contradictorios entre sí. Por otra parte, el objetivo será la minimización o maximización de un atributo, es decir, la dirección de su mejora. El nivel de aspiración será el nivel aceptable de logro para un atributo. Cuando hablemos de meta nos referiremos a la combinación de un atributo con su nivel de aspiración. Por último, el criterio se define como el conjunto de objetivos y atributos importantes en un proceso de decisión.

Definidos estos conceptos previos, lo primero que tendremos que dar al problema cuando hablamos de decisión multicriterio es la solución. Esta técnica utiliza el concepto óptimo de Pareto, basada en la optimalidad paretiana de 1896 que dice que *“Una alternativa es eficiente (o Pareto óptima) si toda alternativa que proporcione una mejora en un atributo produce un empeoramiento en al menos otro de los atributos.”* [6]

A continuación expondremos los tres métodos más conocidos y utilizados por diferentes organizaciones y empresas en la toma de decisiones. Expondremos sus principios básicos, por qué son útiles y cuáles son sus principales inconvenientes a la hora de ser utilizados en la toma de decisiones. Por último expondremos cuál de ellos es el más útil aplicado al medio naval, más concretamente en la Armada.

2.4.1.1 El método Electre

Comenzamos con uno de los métodos multicriterio más populares, el ELECTRE (Algoritmo de Traducción de Elección y Eliminación del inglés).

Desarrollado por Roy, Sussman y Benayoun en 1966, el método Electre pretende disminuir el número de soluciones de un problema, realizando una partición del conjunto de soluciones en subconjuntos de alternativas que sean desfavorables y otro subconjunto de alternativas favorables, la cual el centro decisor está buscando, en nuestro caso la sección de planes de la Armada, de la que hablaremos más adelante. [9]

Este método multicriterio de sobreclasificación permite elegir la mejor opción de acuerdo a un grupo de criterios predefinidos. Reduce el conjunto de soluciones eficientes tratando de obtener un conjunto de acciones N de tal forma que cualquier otra acción que no sea de N , está sobreclasificada en por lo menos una acción de N . Este subconjunto no es el mejor grupo de acciones, pero es el grupo en el que se encuentra el mejor compromiso buscado.

Las fórmulas matemáticas utilizadas por el sistema de preferencias ELECTRE están entre las más simples en comparación con los sistemas multicriterio desarrollados posteriormente. Es un método sencillo basado en conceptos naturales como el estar de acuerdo o en desacuerdo con algo; no se basa en cuestiones complicadas. La naturaleza subjetiva de los parámetros se compensa con un análisis robusto y exhaustivo.

La dificultad del método radica en los parámetros al ser susceptibles a las variaciones debidas a la incertidumbre de los datos, a la misma subjetividad de la información, elección de valor numérico de los criterios, las ponderaciones, y el umbral de discordancia entre ellos.

A continuación describimos el método en pasos sencillos de forma básica:

1. Definición del problema. Se define el problema y criterios a evaluar. Después se asigna un peso a cada criterio en una escala de preferencias dadas por el usuario. Esta escala no está estandarizada como en otros métodos multicriterio como el AHP.
2. Definir una matriz con los diferentes criterios. Se realizan comparaciones entre pares de acciones. Estas comparaciones serán realizadas de acuerdo a las relaciones de preferencia, no predefinidas, y se llevan a cabo por pares de alternativas y por criterios.
3. Obtener la matriz de concordancia y la matriz de discordancia. Se calculan los índices de concordancia y discordancia a partir de cada par de alternativas y criterios.
4. Obtener la matriz de dominancia. Se colocan umbrales de concordancia y discordancia para determinar las relaciones de sobreclasificación, se extraen las mejores alternativas del conjunto de alternativas de salida.
5. Obtener los resultados.

Sin embargo, no todo son ventajas para este método, entre los límites dados por la metodología, se encuentra que a nivel interno de cada una de las empresas, no se conoce como se encuentran los componentes del sistema de innovación. Es decir, el desarrollo de los elementos no se puede conocer de manera particular, sólo su desarrollo integrado.

La principal desventaja en la aplicación de ELECTRE radica en que solo se perciben las opciones de forma general, pero se desconoce su ámbito interno, por lo que es necesario utilizar otro tipo de métodos que permitan conocer lo que sucede con los procesos internos de cada opción [8].

2.4.1.2 El método Topsis

Otro método multicriterio muy utilizado en las empresas es el TOPSIS “Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution” aplicado por Chen en 1992. Conocido por ser un método con una lógica racional y sencilla, el proceso es fácilmente entendible y está bien plasmado en un algoritmo, que permite encontrar las mejores opciones para cada criterio con una sencilla fórmula matemática en el que el cálculo se realiza teniendo en consideración unos valores que se dan previamente a cada criterio, al igual que en el método ELECTRE y el AHP, además del coste o ganancia que suponga cada criterio.

No obstante, en el método TOPSIS no todo son ventajas. Uno de los inconvenientes que presenta es el “fenómeno del orden inverso”. Éste consiste en un cambio en el orden de las alternativas al añadir o eliminar una alternativa del problema de decisión. A veces, incluso podría llegar a producirse una inversión en el orden total, es decir, los resultados de la elección preferente es invertido completamente, y la alternativa que se consideraba la mejor, con la inclusión o la eliminación de alguna alternativa, se convierte en la peor. Este problema, en la mayoría de los casos, no es aceptable, ya que nos da como resultado algo completamente erróneo. Tras haberse estudiado por numerosos entendidos en la materia, este fenómeno no ha podido ser solucionado, por tanto, debemos descartar este método como el más acertado en la toma de decisiones en la Armada. Sin embargo, Saaty propone una nueva fórmula que pretende solucionar el problema del fenómeno inverso del método TOPSIS que veremos a continuación [9].

2.4.1.3 El método AHP

Podemos afirmar que cuando decidimos queremos elegir lo mejor de entre lo posible. Esta afirmación, como hemos mencionado anteriormente, implica definir cuáles son las posibilidades y cuáles de éstas son mejores sobre otras. Cuando el conjunto de posibilidades es numerable, es decir, discreto, como en la mayoría de decisiones que tomamos día a día, uno de los métodos más efectivos y probados es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

El AHP desarrollado por Saaty (1980-1994) descompone un complejo problema de método de decisión multicriterio (MCDM) en un sistema de jerarquías. Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios, basado en el principio de que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso. La importancia del método AHP se basa en el uso de las comparaciones por pares en la toma de decisiones, en el que se priorizaran unos criterios y alternativas con respecto a otras comparando pares con pares. Su simplicidad y su poder han sido evidenciados en los cientos de aplicaciones en las cuales se han obtenido importantes resultados y en la actualidad, es la base de muchos paquetes de software diseñados para los procesos de tomas de decisiones complejas. Además, ha sido adoptado por numerosas compañías para el soporte de los procesos de toma de decisiones complejas e importantes.

Entre sus principales ventajas se pueden comentar:

- Se puede analizar el efecto de los cambios en un nivel superior sobre el nivel inferior.
- Da información sobre el sistema y permite una vista panorámica de los actores, sus objetivos y propósitos.
- Permite flexibilidad para encarar cambios en los elementos de manera que no afecten la estructura total.

Como hemos dicho anteriormente, el AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior. Cuando las prioridades de los elementos en cada nivel se tienen definidas, se suman para obtener las prioridades globales frente al objetivo principal. Los resultados frente a las

alternativas se convierten entonces en un importante elemento de soporte para quien debe tomar la decisión.

Antes de nada, debemos tener claros unos conceptos de notación para entender el proceso: Para i objetivos dados $i = 1, 2, \dots, m$; se determinan los respectivos pesos w_i . Para cada objetivo i , se comparan las $j = 1, 2, \dots, n$ alternativas y se determinan los pesos w_{ij} con respecto al objetivo i . Por último se determina el peso final de la alternativa W_j con respecto a todos los objetivos así $W_j = w_{1j}w_1 + w_{2j}w_2 + \dots + w_{mj}w_m$.

Las alternativas se ordenan de acuerdo con el W_j en orden descendente, donde el mayor valor indica la alternativa más preferida. Las diferentes metodologías para la solución de problemas multicriterios se diferencian en la forma como determinan el objetivo y las ponderaciones a los factores.

La validez general del AHP está fundamentada en las múltiples y variadas aplicaciones que ha tenido para la solución de problemas de toma de decisiones. Probadas numerosas veces por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos entre otras.

Algunos autores plantean que el AHP no ha sido bien comprendido, ya que va más allá de ser una simple metodología para situaciones de elección. Por ello se plantea entonces, que la mejor manera de entender el método es describiendo sus tres funciones básicas:

1. Estructurar la complejidad.
2. Medir en una escala.
3. Sintetizar.

A continuación describimos éstas de una manera breve. Saaty buscó una manera para resolver el problema de la complejidad que se daban en otros métodos multicriterio, y utilizó la estructuración jerárquica de los problemas en subproblemas homogéneos. De hecho, el uso de la descomposición jerárquica es una de las grandes virtudes del método, puesto que se descompone una meta u objetivo en factores más simples, es decir, un problema se descompone en subproblemas, los cuales están relacionados directamente con el problema inicial, y al lograr la solución de los subproblemas y manteniendo la relación existente entre ellos, se consigue la solución del problema inicial.

El AHP permite realizar mediciones de factores tanto subjetivos como objetivos a partir de estimaciones numéricas, verbales o gráficas, lo cual le provee una gran flexibilidad, permitiendo esto, gran variedad de aplicaciones en campos tan distintos unos de otros. El hecho de tener definida una escala general, aplicable a cualquier situación, permite la universalidad del método y lo hace sencillo de aplicar para quien toma la decisión. Además, la escala es clara y provee una gran amplitud para las comparaciones. En la figura 2-2 se presenta la escala propuesta por Saaty.

Aunque el nombre incluya la palabra Análisis, el enfoque del AHP es totalmente sistemático, ya que aunque analiza las decisiones a partir de la descomposición jerárquica, en ningún momento pierde de vista el objetivo general y las dependencias existentes entre los conjuntos de factores, criterios y alternativas, por lo tanto, este método está enfocado en el sistema en general, y la solución que presenta es para la totalidad, no para la particularidad.

Para resolver la complejidad, el AHP permite estructurar un problema complejo en subproblemas jerárquicos que dependen de otros de acuerdo con el nivel de descomposición en el que se encuentren.

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferida	Los dos criterios contribuyen al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente a otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

Tabla 2-2 Escalas de comparación de Saaty [10]

Los valores 2, 4, 6 y 8 se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores. Estos son valores intermedios de preferencia. Los juicios comparativos permite realizar combinaciones en parejas de todos los elementos de un sub-grupo con respecto al criterio principal del subgrupo, por ello se habla de comparaciones biunívocas.

La síntesis de prioridades permite producir prioridades globales a través de las multiplicaciones de las prioridades locales, es decir, que una vez se tienen soluciones locales, se agregan para obtener la solución general que se está buscando.

En cuanto al desarrollo del procedimiento, expondremos los diferentes pasos a seguir para el desarrollo el problema:

1. Identificar el propósito de la decisión a tomar, las alternativas posibles (j) y los criterios (i) dividiendo el problema en dividiendo el problema en diferentes elementos interrelacionados.
2. Desarrollar la matriz de comparación por pares (MCP) de alternativas para cada uno de los criterios estableciendo el valor de importancia relativa entre ambas alternativas consideradas definidas en la figura 2-2.
3. Desarrollar la matriz normalizada (MCN) dividiendo cada número de una columna de la matriz de comparación por pares por la suma total de la columna.
4. Deducir el vector de prioridad para cada uno de los criterios calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada. Con este promedio por fila representaremos el vector de prioridad de la alternativa con respecto al criterio considerado.
5. El valor de consistencia de cada opción utilizada en la matriz de comparación por pares puede ser determinada a través del cociente de consistencia (CC). Un CC inferior a 0.10 es

considerado aceptable. Para aquellos casos en que CC es mayor a 0.10, los valores de las MCP deberán ser reconsiderados.

6. Después de haber llevado a cabo los pasos 2, 3, 4, 5 para todos los criterios, los resultados obtenidos en el cuarto paso son resumidos en una Matriz de Prioridad (MP), listando las alternativas por filas y los criterios por columnas.
7. Desarrollaremos una matriz de comparación de criterios por pares de manera similar a lo que se hizo para las alternativas en 2, 3, 4.
8. Desarrollaremos un vector de prioridad global multiplicando el vector de prioridad de los criterios del séptimo paso por la matriz de prioridad de las alternativas del sexto paso [10].

2.4.2 Otros métodos.

Existen otros muchos métodos diferentes en los que intervienen otros factores que no son de interés para el ámbito militar, como es la Teoría de Juegos, en la que existe un conflicto de mayor o menos oposición entre los decisores. En ella intervienen elementos como la estrategia entre participantes y los pagos de cada jugador en los que no entraremos ya que no será objeto de aplicación en nuestro trabajo.

2.5 El proceso de toma de decisiones en la Armada

Una vez vistos algunos de los diferentes procesos de toma de decisiones, habiéndonos centrado en el método AHP, pasaremos a ver qué proceso de planeamiento, cómo se organiza y que pasos jerárquicos lleva a cabo la Armada actualmente.

En la Armada, se toman decisiones a todos los niveles de mando, desde el marinero más moderno hasta el Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada (AJEMA). Sin embargo, la organización cuenta con una sección específica para dicho cometido a alto nivel dentro del Estado Mayor de la Armada (EMA). Esta sección es la división de planes, la cual depende directamente del Segundo AJEMA, o Almirante segundo Jefe de Estado Mayor de la Armada que se encarga de este cometido, entre otros. En ella se decide el futuro de la Armada en la mayoría de aspectos de organización y futuro.

El 'Planeamiento de la Defensa', que se recoge en un documento con el mismo nombre, constituye un proceso unitario y lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios que puedan producirse, en el que cada una de las Autoridades que participan en el mismo realiza actividades de planeamiento en su ámbito específico y en el que se garantiza la armonización de sus esfuerzos.

El Planeamiento de la Defensa es un proceso ordenado que da comienzo cada cuatro años y tiene una ejecución de dos años con revisión en los otros dos. Las directrices emanadas de la Directiva de Defensa Nacional en vigor, que firma el Presidente del Gobierno, es la base que orienta este proceso. Los resultados de cada ciclo de Planeamiento y el estado de ejecución de los Planes de Recursos que de él se derivan constituyen un elemento de referencia y realimentación para el siguiente proceso.

El Planeamiento proyecta periodos temporales que estudian las necesidades a largo plazo, de quince a veinte años para la preparación del futuro de las Fuerzas Armadas; a medio plazo, seis años, para programar con detalle el empleo de los recursos y, finalmente, a corto plazo, tres años, para la determinación de las necesidades presupuestarias y realizar los ajustes en la programación de recursos.

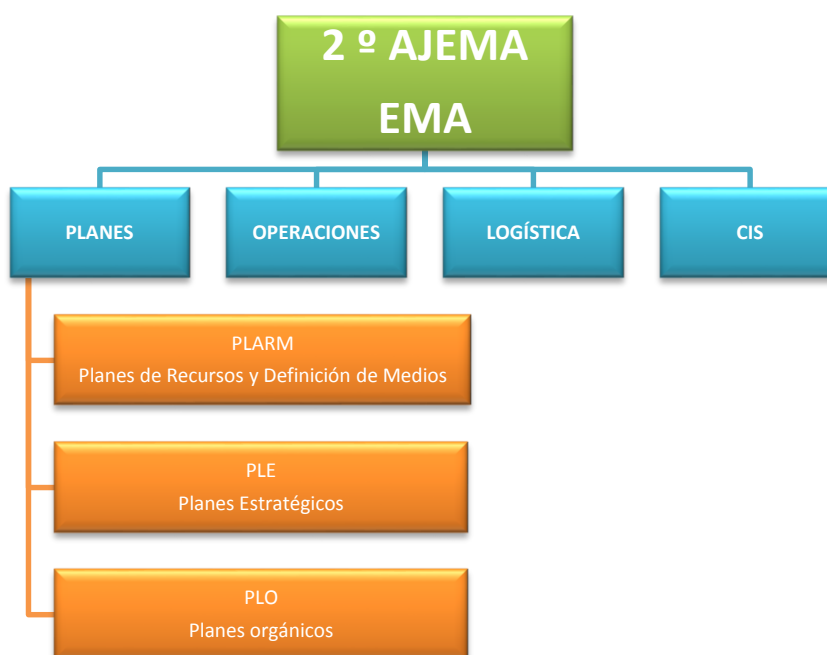


Figura 2-2 Organigrama división de planes del EMA [11].

En cuanto a la organización operativa, como apreciamos en la figura 2-2, la división de planes del Estado Mayor de la Armada (EMA) cuenta con tres secciones para realizar sus diferentes cometidos entre los que se encuentran:

1. La sección de Planes de Recursos y Definición de Medios (PLARM) encargada de la definición de capacidades y necesidades de financiación.
2. La sección de Planes Estratégicos que da una visión y posicionamiento en el entorno
3. La sección de Planes Orgánicos de organización y mejora continua.

Estas tres secciones deben trabajar en concordancia de forma que juntas alcancen el objetivo final que es la Armada del futuro.

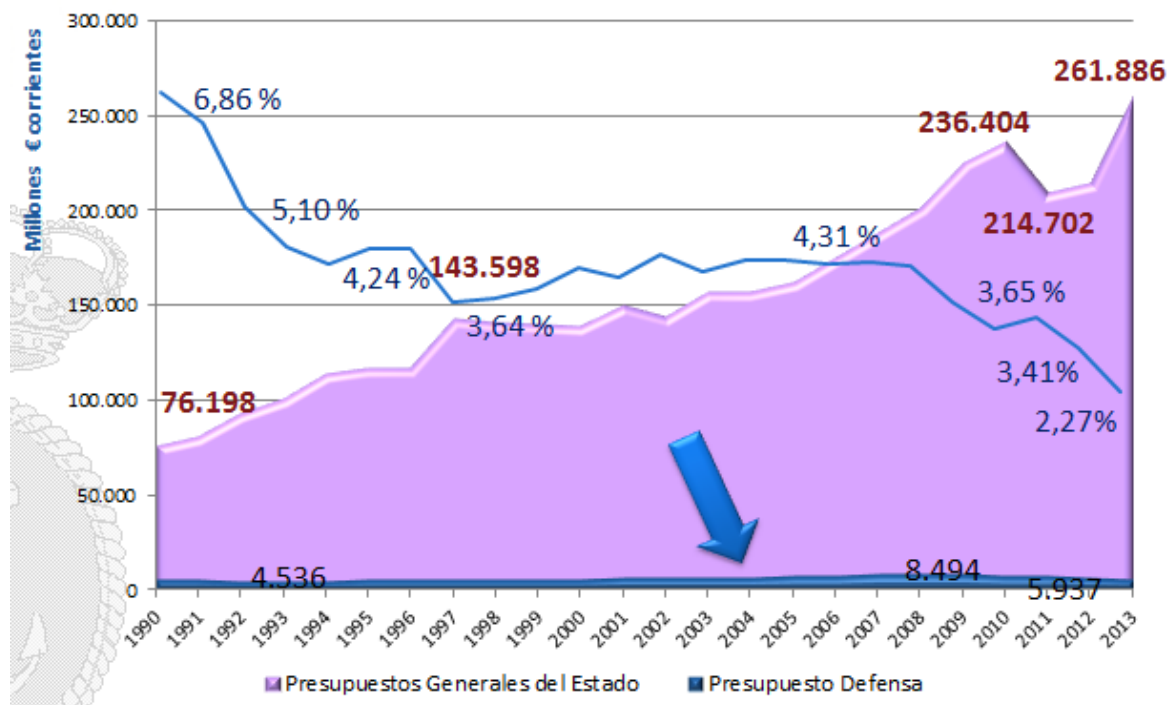


Figura 2-3 Presupuestos dirigidos a defensa [11].

Para entrar mejor en contexto, veamos los medios económicos con los que cuentan nuestras Fuerzas Armadas. En la figura 2-3 podemos observar en color morado, la evolución del Presupuesto del Estado, desde el año 1990 hasta el año 2013. El Presupuesto del Estado para el año 2013 fue de 261.855 millones de euros, este presupuesto no incluía el presupuesto de la Seguridad Social, Agencias Estatales, ni Organismos Autónomos. Es decir, no es el presupuesto consolidado, es sólo el Presupuesto del Estado. En azul, los créditos iniciales del Presupuesto de Defensa en este mismo período. Podemos apreciar que hay muy poca diferencia entre el presupuesto de los años 90 (4.536 millones de euros) y el presupuesto en 2013 (5.937 millones de euros). El pico más alto fue en el año 2008 con 8.494 millones de euros. Sin embargo, el porcentaje del Presupuesto del Estado dirigido al Ministerio de Defensa, ha pasado de un 6,86% al comienzo de los 90 a un 2,27% en el momento actual. Con lo cual podemos sacar como conclusión que cada vez se gasta menos en Defensa.

Ante esta situación, debemos prever que el escenario económico se prolongue en el tiempo por lo que la Armada tendrá que priorizar y planear con creatividad, esforzándose en ejecutar lo planeado. La Armada deberá preservar algunas unidades con un nivel de sostenimiento y actividad más reducido y por tanto con menor grado de alistamiento, de tal forma que esos recursos que se ahorren se empleen en mantener la operatividad y el grado de alistamiento de otras unidades o sistemas, y en disponer al final de suficiente capital para inversión en la obtención/renovación de unidades o sistemas que garanticen el futuro.

Para ello será necesario adelantar la baja de aquellas unidades o sistemas próximos a alcanzar el final de su vida operativa, que tengan escaso valor militar, requieran de muchos recursos para su sostenimiento y no estén asociados a las capacidades militares más prioritarias. Estas unidades pasarían a formar parte del Catálogo de Material Excedente (CME).

La limitación mencionada para iniciar nuevos programas de modernización u obtención implicará inevitablemente una pérdida de capacidades en el medio plazo, al no poder reemplazar todas las unidades que van alcanzando el final de su vida operativa. Con estas medidas se pretende que exista menor número de unidades de la Fuerza pero con el grado de alistamiento requerido, y que asegure las capacidades esenciales.

En la Armada está previsto en el periodo 2013-2016 dar de baja el Portaaviones “Príncipe de Asturias” (ya dado de baja), dos Submarinos de la serie 70 (de los cuales uno ya está dado de baja), cuatro Patrulleros de Altura de la clase “Descubierta”, tres Patrulleros Ligeros de la clase “Anaga” y el patrullero de vigilancia P-114, el buque de Salvamento y Rescate “Neptuno”, el buque Oceanográfico “Las Palmas”, dos buques Hidrográficos Costeros y el buque de Transporte Logístico “Contramaestre Casado”. Además se darán de baja los once helicópteros SH-3D, eliminando por tanto una de las escuadrillas más importantes, la quinta.

Posteriormente, en el desarrollo nos centraremos en la aplicación del método que queremos aplicar para abordar la sustitución de estos once helicópteros de la 5ª escuadrilla de aeronaves.

En cuanto al proceso de planeamiento de la defensa, detallado en la figura 2-4, comienza con la firma por parte del Presidente del Gobierno de la Directiva de Defensa Nacional (DDN) y su traslado al ámbito del Ministerio de defensa en forma de Directiva de Política de Defensa (DPD), extraer del actual contexto estratégico las necesidades de la Defensa para, una vez identificadas y contrastadas con los medios disponibles, establecer los objetivos concretos y el horizonte en el que se desean alcanzar.

No entramos en detalles sobre el contenido de los documentos pero si destacar que comienzan dos procesos de Planeamiento Paralelos. El Planeamiento Militar por parte del Jefe del Estado Mayor de la Defensa (JEMAD) para determinar ¿Cómo voy a hacer lo que piden? y el Planeamiento de Recursos por parte de la Secretaría de Estado de Defensa (SEDEF) y la Subsecretaría de Defensa (SUBDEF) de ¿Con qué voy a hacer lo que piden?.

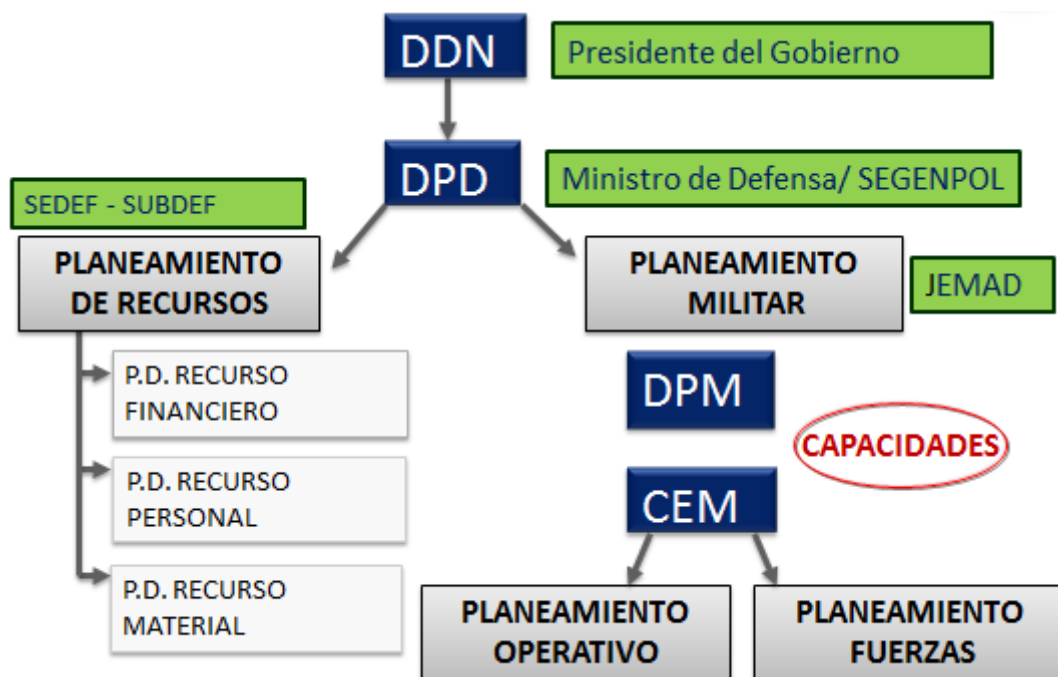


Figura 2-4 Procedimiento de planeamiento de Defensa [12].

En cuanto al planeamiento militar el Jefe de Estado Mayor de la Defensa emite la Directiva de Planeamiento Militar (DPM) que dará inicio a éste y que contendrá los criterios y las instrucciones para orientar el Planeamiento de Fuerzas (Qué necesito para hacer lo que piden) en términos de

capacidades y el Planeamiento Operativo (Cómo voy a utilizarlo) como por ejemplo, redactando Planes Operativos, de contingencia...

La Orden Ministerial tiene por finalidad diseñar un proceso de planeamiento que haga posible la definición y obtención de la Fuerza, los medios y recursos necesarios para la consecución de las capacidades que permitan alcanzar los objetivos establecidos en la Política de Defensa, y que tenga en cuenta los criterios de actuación, preparación y eficacia de la Fuerza.

En este sentido, durante ciclo de planeamiento, el objetivo final será disponer de la relación de las capacidades militares y la determinación priorizada de las necesidades de las Fuerzas Armadas en el documento “Objetivo de Capacidades Militares (OCM)”, con la concurrencia de JEMAD, SEDEF y SUBDEF).

El planeamiento sobre el modelo de Fuerzas Armadas a largo plazo con el horizonte del año 2025, servirán de referencia en el largo plazo para la elaboración de los Objetivos de Capacidades Militares.

El Proceso de Planeamiento de la Defensa tiene como fin determinar las capacidades necesarias para cumplir los cometidos asignados a las Fuerzas Armadas. Cualquier nación u organismo, como por ejemplo a OTAN siguen unos pasos similares que, a grandes rasgos y de forma sencilla veremos a continuación.

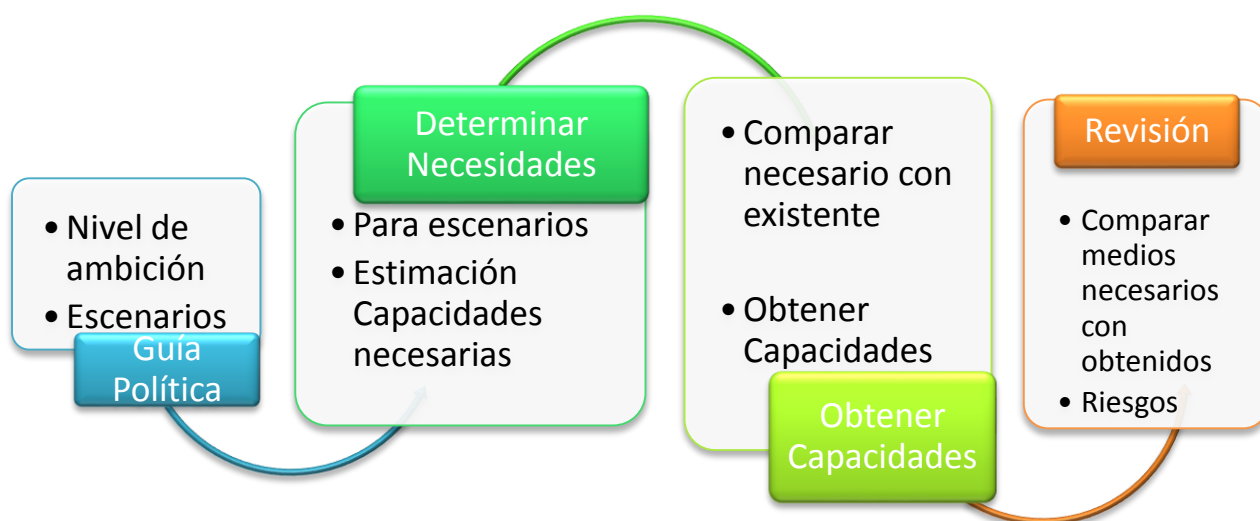


Figura 2-5 Procedimiento de planeamiento de Defensa [12].

En primer lugar hay una Guía Política que establece el fin y los objetivos que se quieren conseguir. Traduce las ideas o directivas de muy alto nivel a un documento más detallado para dirigir el trabajo de los encargados del Planeamiento de Fuerzas. En nuestro caso es la Directiva de Política de Defensa, que elabora el Secretario General de Política de Defensa (SEGENPOL).

Teniendo en cuenta el nivel de ambición que se ha fijado y los posibles escenarios en que habría que actuar se identifican las capacidades necesarias, es decir determinamos las necesidades. Una vez identificadas las capacidades necesarias se comparan con las existentes y determinamos aquellas que hay que mantener, las que hay que obtener y las que ya no son necesarias y por lo tanto prescindibles.

Aquí es donde nosotros entramos en juego. Tenemos que definir los requisitos operativos de aquellas capacidades que no tenemos y que hay que obtener. También tenemos que definir los requisitos de las capacidades que tenemos, pero que es necesario renovar o actualizar. Cabe destacar la idea de que las necesidades las determina JEMAD, SEDEF y el papel del AJEMA se limita a definir los requisitos que han de cumplir.

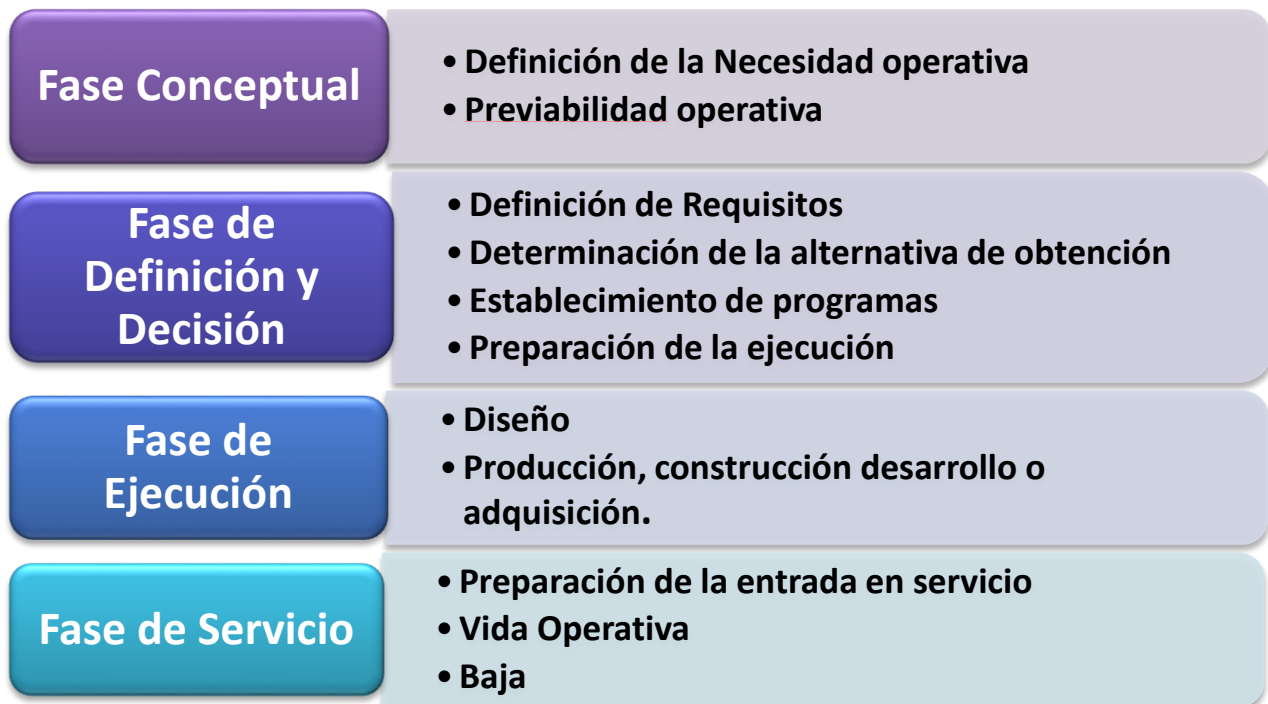


Figura 2-1 Pasos del proceso de obtención de material en Defensa [11]

En cuanto al proceso de obtención de material se divide en 4 fases principales. En la fase conceptual se define la necesidad operativa o funcional y se orienta su solución, teniendo en cuenta ciclo de vida y coste total asociado. Durante la fase de definición y decisión se concreta la solución y se establece una alternativa de obtención. En la fase de Ejecución gestión, dirección, control y seguimiento del programa. Finalmente en la fase de servicio vida operativa o funcional del recurso obtenido.

El planeamiento de la Defensa en España, al igual que el de la OTAN y en la práctica totalidad de las naciones de nuestro entorno, es un planeamiento por Capacidades (Capability Base Planning), entendiendo como ésta última la “habilidad para llevar a cabo una acción”. Es decir se piden resultados y no como hacerlo. Definimos capacidad como el conjunto de elementos (Material, Infraestructura, RRHH, Adiestramiento, Doctrina y Organización). Por ejemplo, si quiero capacidad de ataque a tierra de precisión desde el mar puedo lanzar un misil desde un barco, o desde un avión o lanzar una bomba guiada por láser desde un avión. Todas son la misma capacidad, aunque las plataformas o soluciones sean distintas.

En cuanto al Proceso de Planeamiento a nivel Operativo (OPP), que utiliza la Armada para la toma de decisiones, es bueno que conozcamos cómo se estructuran los órganos decisores y de planeamiento de la organización a dicho nivel, los Estados Mayores (EEMM), para entender mejor como se lleva a cabo [10].

Células de un EM conjunto

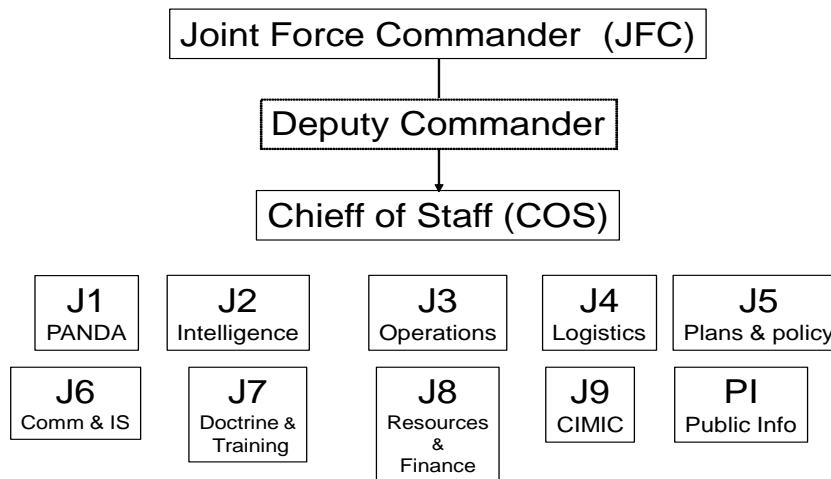


Figura 2-2 Células de un EM conjunto [13]

En la figura 2-2 podemos apreciar el organigrama general de un Estado Mayor (EM), en este caso conjunto (varios ejércitos), pero extensivo a todos los EEMM de cualquier nivel. Lo que los diferenciará será que a menor nivel existirán orgánicamente menor número de células o departamentos, pudiéndosele asignar otras cuando lleven a cabo una operación o ejercicio.

La Finalidad del OPP es proporcionar al Mando y a los estados Mayores una secuencia lógica de procesos y procedimientos empleados para analizar la situación, deducir las actividades que conlleva la misión, determinar la mejor forma de cumplir los cometidos asignados y llegar a la situación final deseada tomando una decisión.

Debido a que el planeamiento estará normalmente condicionado por una información inadecuada, tiempo insuficiente y recursos limitados, el OPP se diseña para optimizar los pasos lógicos y analíticos de la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre y ambigüedad.

El núcleo principal del OPP sigue las etapas o pasos generales de cualquier método tradicional, respondiendo a estas cuatro preguntas que intentará resolver:

1. ¿Qué es lo que tenemos que hacer y para qué?
2. ¿Qué sabemos de ello y cómo afecta al problema?
3. ¿Qué podemos hacer, qué opciones tenemos?
4. ¿Qué vamos a hacer? [13].

No obstante, a pesar de todo el proceso que se realiza para la toma de decisiones a nivel operativo para una misión o a alto nivel para la obtención de material nuevo para la Defensa o la Armada, no existe realmente la aplicación de un proceso estandarizado objetivo en el que se estudien las diferentes opciones a la hora de tomar una decisión como la de adquisición de nuevo material, a parte del GIMO, como hacen las marinas de otros países, como la Armada de Estados Unidos, sino que se tiende a la valoración subjetiva de la mayoría de posibilidades a la hora de elegir.

2.6 Posibles aplicaciones del método AHP en la Armada

Después de haber detallado el proceso de toma de decisiones en la Armada, plantaremos diferentes situaciones en las que es posible aplicar la evaluación de alternativas en el entorno profesional de un oficial de la Armada. Para ello daremos algunos ejemplos que ha realizado el GIMO.

2.6.1 *Rutas de escape en una fragata*

En primer lugar, una de los análisis que se podrían plantear serían las rutas de escape más rápidas en una fragata. En este ámbito también se estudia cómo puede ser la evacuación en situación de abandono de buque; el modo de alcanzar una zona segura desde distintas partes del mismo; el rescate de un buceador de un submarino y su traslado hasta la cámara hiperbárica o el rescate de un ‘hombre al agua’.

Para el estudio de estos supuestos, se emplea un programa que simula el flujo de personas en grandes espacios. El GIMO crea un modelo 3D de un buque utilizando una serie de planes conectados por escaleras. El software calcula las distancias de evacuación. Los algoritmos para el movimiento de los individuos están basados en datos reales recopilados utilizando tecnologías de informática en el análisis de movimiento humano, que se extraen de imágenes en videos reales, lo que supone alcanzar resultados similares a los obtenidos en un simulacro de emergencia.

Como consecuencia de las conclusiones obtenidas, el GIMO ha propuesto modificaciones en distintos accesos a compartimentos de los buques para reducir los tiempos de desplazamiento.

2.6.2 *Cómo proteger a una unidad valiosa*

En segundo lugar, en un contexto de guerra naval, uno de los retos de la Armada es conocer cuál debe ser la posición de una fuerza compuesta por una unidad valiosa y sus escoltas para evitar el impacto de una misión. Es decir, cómo deben estar colocadas las fragatas para dar mayor proyección a una unidad valiosa como, por ejemplo, el buque de proyección estratégica Juan Carlos I. Como si de un videojuego se tratara, los matemáticos del GIMO simulan distintos escenarios en los que se puede encontrar una fuerza. Se introducen variables meteorológicas, de localización del misil o de la propia configuración de la fuerza. Con los resultados de las simulaciones, se puede hacer una estimación de la probabilidad de impacto en la unidad valiosa para cada uno de los escenarios analizados. Este tipo de estudios permite analizar millones de situaciones a un coste nulo.

2.6.3 *Gestión de personal*

En los últimos años, gran parte de la actividad del GIMO se ha centrado en cálculos que tienen que ver con el personal de la Armada como, por ejemplo, determinar qué efectos son los mejores cualificados para un determinado puesto. La fórmula y la herramienta de asignación automática de destinos de concurso de méritos han sido adoptadas y se aplicará en futuras convocatorias.

El GIMO ha trabajado también en la Dirección de Enseñanza Naval (DIENA) para evaluar y clasificar a los alumnos de la Escuela Naval Militar del Cuerpo General, Infantería de Marina e Intendencia así como a los alumnos que se incorporan a la escala de suboficiales.

Por encargo de la Dirección de Personal de la Armada (DIPER), el GIMO ha elaborado un simulador de la evolución de escalafones de los cuadros de mando donde, en función de parámetros como la dimensión de las plantillas, cupos de pase a la reserva o ratios de evaluación se obtiene el comportamiento del escalafón en los siguientes años. Estos simuladores de escalafones de los cuadros han sido utilizados para valorar la redimensión de las plantillas y otros ratios de evaluados y vacantes que deben emplearse en la actualidad para conseguir los efectos deseados en el futuro.

2.6.4 Elegir la ruta de patrulla más segura

Una parte importante de los cometidos que ha tenido la Infantería de Marina en los últimos conflictos (Afganistán y Líbano) ha sido, entre otros, realizar patrullas para proporcionar seguridad en entornos urbanos o el establecimiento de puntos de control. El planeamiento del desplazamiento de una patrulla en un escenario sembrado de riesgos es una actividad estudiada al más mínimo detalle. Entre varias rutas posibles para llegar a ‘A’ o ‘B’, se decide cual es la más segura. Para ayudar a tan importante decisión, el GIMO creó una herramienta llamada ‘Rutinel’, una especie de ‘Google Maps’ de la Armada, que permite cuantificar el riesgo que presentan todas las rutas posibles entre dos puntos. En esta aplicación informática se combinan los últimos datos recabados por los equipos de inteligencia (Incidencias de explosivos improvisados, o ataques contra militares) con los datos topográficos y geográficos así como otras variables del movimiento como pueden ser la velocidad del vehículo o la distancia a recorrer. La combinación de todos estos datos da como resultado la ruta que tiene la probabilidad matemática de ser la más segura.

2.6.5 Cómo aprovechar al máximo el espacio de carga logística en un buque.

La operación Libre Hidalgo en Líbano tras el enfrentamiento entre Israel y Hezbolá en el verano de 2006 supuso un despliegue de tropas españolas en Oriente Medio. El primer contingente español que llegó a la zona fue una Fuerza Expedicionaria de Infantería de Marina que desembarcó en playas libanesas. A partir de entonces, se multiplicó el transporte de carga logística y aprovechamiento desde España a Líbano por vía marítima. En el seno de la Armada surgió la pregunta de cómo aprovechar al máximo el espacio de carga en los buques destinados a ello.

Los matemáticos del GIMO lo identificaron como un problema de optimización; la función elegida tenía que maximizar el volumen disponible y peso soportable limitado, capacidad de rotación de las cajas; trincado y secuenciación de la carga; configuración de los espacios inutilizables, así como el apilado y las incompatibilidades de la carga.

Los expertos se inclinaron por adquirir la herramienta comercial ‘Cube-IQ’. La aplicación resolvió el problema mediante un algoritmo denominado ‘búsqueda tabú’ [1].

3 APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP A LA COMPRA DE UN HELICÓPTERO MULTIPROPÓSITO PARA LA ARMADA

3.1 Contextualización

A pesar de todo el proceso que se realiza para la obtención de material para la Defensa, o en nuestro caso, la Armada, no existe realmente la aplicación de un proceso estandarizado objetivo en el que se estudien las diferentes opciones a la hora de tomar una decisión, como la de adquisición de nuevo material, como hacen las marinas de otros países, como la Armada de Estados Unidos, sino que se tiende a la valoración subjetiva de la mayoría de posibilidades a la hora de elegir, sobrevalorando muchas veces algunos criterios de compra como el precio de compra u otros parámetros. Por ello queremos demostrar que aplicando el método multicriterio AHP podemos obtener soluciones objetivas de forma relativamente sencilla de cualquier decisión que queramos tomar.

A continuación vamos a realizar un ejemplo práctico de aplicación real en nuestra Armada. Como ya hemos mencionado anteriormente, debido a la antigüedad y necesaria sustitución de los once helicópteros SH-3D de la quinta escuadrilla de aeronaves, expondremos las diferentes posibilidades de elección en la compra de un nuevo modelo de helicóptero multipropósito, que sustituya éste modelo.

Para ponernos mejor en situación hablaremos de las actuales misiones a las que se dedican los helicópteros que van a ser sustituidos, detallaremos los diferentes modelos posibles de compra según intereses y acuerdos con industrias tanto nacionales como internacionales, en los que no entraremos en detalle, valoraremos los diferentes criterios y atributos en la elección y aplicaremos el método que creemos más efectivo en la toma de decisión en este caso, el AHP, por haberse demostrado ser el más objetivo y menos erróneo en problemas de este tipo, y también, por ser el más utilizado por marinas extranjeras de primer orden como la Armada de los Estados Unidos.



Figura 3-1 SH-3D Sea King de la 5ª escuadrilla de aeronaves [14]

El SH-3D/W Sea King de la quinta escuadrilla de aeronaves de la Armada es un helicóptero construido con un solo rotor de cinco palas, dos turbinas y con posibilidad de flotación de emergencia. Principalmente, en su versión 'W', fue diseñado para realizar misiones de búsqueda, seguimiento y ataque contra submarinos (ASW), proporcionar capacidad de salvamento y rescate (SAR) y apoyo logístico, con reaprovisionamiento vertical (VERTREP) y evacuación médica (MEDEVAC).

Sin embargo, en 2001 se inició un proceso de transformación (versión 'D') de los helicópteros para adaptarlos a misiones de transporte anfibio que le permite llevar hasta 15 personas en vuelo táctico diurno y nocturno, volando con gafas de visión nocturna, y tomar en cualquier terreno, con el inconveniente de eliminar la capacidad ASW para la que fue inicialmente diseñado, pero manteniendo el resto de capacidades. Además, sirve como aeronave de alerta de área temprana (AEW) que extiende los sensores de detección de las unidades a flote, como controlador de interceptación de aviones en la mar (TRU), ASUW y como designador de objetivos para ataques de otras unidades de ataque.

En cuanto a especificaciones, la aeronave cuenta con una autonomía de hasta 4,8 horas a una velocidad de hasta 120 kt y una velocidad de crucero de 100 kt, alcanza un techo de vuelo de 14.000 ft y es capaz de transportar hasta 15 soldados con equipo y 2 pilotos, o 3.600 kg de carga. Además cuenta con armamento portátil de defensa de hasta dos ametralladoras MG-42 de 7,62 mm de calibre en las puertas.

3.1.1 Helicóptero NH-90



Figura 3-2 Helicóptero NH-90 [15]

El helicóptero multipropósito NH-90 de tamaño medio, es bimotor y además presenta la capacidad de ser tripulado por un solo piloto a pesar de ser pilotado por 2 de forma óptima, al igual que el Sea King, diseñado para operar en condiciones meteorológicas adversas tanto en operaciones diurnas como nocturnas.

A raíz de un estudio económico internacional de la OTAN durante la década de los 80, se planteó como objetivo la elaboración de un plan de desarrollo de un helicóptero multipropósito que cumpliera las necesidades comunes de los países participantes. Años más tarde, el programa conjunto desarrollado por la misma Agencia de Gestión de helicópteros fue aceptado formalmente por 4 países aliados que acordaron desarrollar el aparato, estos fueron Alemania, Francia, Holanda e Italia, a los que posteriormente se añadirían Portugal y España.

España estaría interesada en participar en el programa comprando helicópteros no solo para la Armada, sino también para el Ejército de Tierra (ET), el cual ya ha realizado la compra y cuenta con su primera unidad en fase de pruebas, como podemos ver en la figura 3-2, y Ejército del Aire (EA).

La finalidad que se persigue al concebir este helicóptero es muy similar a la que tuvo el caza Eurofighter: conseguir diseñar y construir un helicóptero con participación conjunta de diferentes países Europeos, para dotar a dichos países de una aeronave moderna y polivalente que a largo plazo ahorre costes de compra a los países participantes.

Para el estudio que vamos a realizar escogeremos la versión naval NFH (Nato Frigate Helicopter), versión que incorpora algunas variaciones como la cabina fabricada íntegramente de cristal, ayudas al vuelo avanzadas que permitirán a la aeronave soportar peores condiciones meteorológicas y un tren de aterrizaje reforzado para el aterrizaje en buques, además contará con capacidades ASW, guerra anti-superficie (ASUW), VERTREP, SAR, MEDEVAC y evacuación de heridos (CASEVAC).

El coste de compra del NH-90 para Italia, Francia e Alemania se situó en 2010 sobre los 35,7 millones de € al ser los primeros involucrados en el programa, mientras que debido a los intereses por los retrasos en los pagos del programa, el precio de la versión española, sin apoyo logístico, ni equipos básicos de vuelo, ni manuales técnicos, dejaba el coste de despegue del aparato en 64 millones de € en 2011, debido a los intereses por los retrasos en los pagos del programa.


Eurocopter NH-90	 <p data-bbox="970 519 1302 551" style="text-align: center;">Figura 3-3 NH-90 Naval [16]</p>
Versión	Naval NFH
Tripulación	2 pilotos
Capacidad	20 soldados con equipo 12 camillas 2 palés OTAN
Peso vacío	6.400 kg
Peso útil	4.200 kg
Peso máximo de despegue	10.600 kg
Velocidad	Crucero 140 kt o 260 km/h Máxima 162 kt o 300 km/h
Alcance	982 km vacío 900 con 2.500 kg de carga 1600 con tanques auxiliares internos
Techo de vuelo	3.200 m
Armamento	2 ametralladoras 12,7 mm en las puertas
Coste medio	35,7M €

Tabla 3-1 Especificaciones NH-90 [16]

3.1.2 Helicóptero V-22 Osprey



Figura 3-4 V-22 Osprey [17]

Otra de las aeronaves en el mercado capaces de sustituir al SH-3D es el V-22, primera aeronave de rotor basculante de producción mundial, combina a la capacidad de vuelo vertical de un helicóptero con la velocidad, alcance, altitud y la resistencia de un avión. Esta combinación única proporciona una ventaja táctica sin precedentes, lo que permite la ejecución de la misión más eficaz y la realización de misiones previamente alcanzables en un avión. [17]

Actualmente se encuentra en servicio únicamente en las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos, operando mayoritariamente para el cuerpo de los Marines (USMC), pero ya ha sido probado en el buque LHD Juan Carlos I de nuestra Armada, habiéndose comprobado que puede operar en él.

El V-22 ha demostrado una capacidad de supervivencia y de transformación en los entornos más desafiantes del planeta, actuando tanto en misiones militares como de ayuda humanitaria o incluso como transporte personal del Presidente de los Estados Unidos de América.

Sin embargo, presenta algunos inconvenientes para nuestra Armada que hará que actualmente esta aeronave no sea viable para su compra. Por una parte, su elevado peso llega a triplicar al de sus competidores, haciendo que sea operable tan solo en la cubierta resistente (la de popa) del LHD Juan Carlos I, inhabilitando su operatividad en el resto de buques de la Armada. Por otra parte, la potencia de exhaustación de sus dos turbinas, cuando apuntan hacia abajo, causan una gran nube de polvo y objetos no deseados que hacen difícil su aterrizaje en terrenos arenosos durante el día y le inhabilitan para tomar durante la noche. [18]

A pesar de estos inconvenientes, no cabe duda de que es una aeronave polivalente muy moderna capaz de duplicar a la mayoría de sus competidores en velocidad y alcance, haciendo que, con algunas mejoras, sea una posibilidad de compra en un futuro en que nuestra Armada disponga de cubiertas de vuelo preparadas para este tipo de aeronave.


<p>V-22 Osprey</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 3-5 V-22 Osprey (Tomada de [19])</p>
<p>Versión</p>	<p>V-22</p>
<p>Tripulación</p>	<p>2 pilotos</p>
<p>Capacidad</p>	<p>24 soldados con equipo</p>
<p>Peso vacío</p>	<p>19.323 kg</p>
<p>Peso útil</p>	<p>4.536 kg</p>
<p>Peso máximo de despegue</p>	<p>23,859 kg</p>
<p>Velocidad</p>	<p>Crucero 241 kt o 446 km/h Máxima 266 kt o 493 km/h</p>
<p>Alcance</p>	<p>792 km</p>
<p>Techo de vuelo</p>	<p>7.315 m</p>
<p>Armamento</p>	<p>-</p>
<p>Coste medio</p>	<p>115,5 M US\$</p>

Figura 3-6 Características V-22 Osprey [19]

3.1.3 Helicóptero SH-60



Figura 3-7 Helicóptero SH-60 [20]

El Sikorsky SH-60 Seahawk o también nombrado MH-60, en sus nuevas versiones, es un helicóptero naval multipropósito con dos motores turbosélice diseñado para múltiples misiones desarrollado por Sikorsky Aircraft Corporation para la Armada de Estados Unidos, España, Australia y Japón basándose en la estructura del Sikorsky UH-60 Black Hawk, de transporte de tropas para el Ejército de Tierra de los Estados Unidos (U.S. Army).

Tras la puesta por primera vez en la Armada de Estados Unidos en 1979, han surgido diversas modificaciones dando lugar a diferentes de modelos: SH-60B, SH-60F, HH-60H, MH-60R, y MH-60S. Con capacidad para ser desplegado a bordo de cualquier fragata, destructor, crucero, buque de soporte rápido al combate, buque de asalto anfibio con capacidad aérea o portaaviones; el Seahawk puede encargarse de ASW, ASUW, inserción en Guerra Naval Especial (NSW), SAR, búsqueda y rescate de combate (CSAR), misiones de aprovisionamiento VERTREP y capacidades de emergencia como MEDEVAC. [21]

Nuestra Armada cuenta con 12 unidades del modelo 'B', que a continuación detallaremos, pertenecientes a la 10ª escuadrilla de aeronaves, la mitad del llamado bloque 0 y la otra mitad del bloque 1, cuya diferencia principal es la fecha de fabricación. No obstante en 2010 España solicitó al fabricante la posible adquisición de 6 unidades más del bloque 'F' para la sustitución de los Sea King de la 5ª escuadrilla. No obstante, teniendo en cuenta que nos encontramos en 2016, debemos tener en consideración los actuales modelos que existen y seleccionaremos el más óptimo para nuestro estudio.

A continuación detallaremos los diferentes modelos, explicaremos sus principales diferencias y el por qué los helicópteros Seahawk del bloque 'B' no son válidos para sustituir a los Sea King de la quinta escuadrilla. A sí mismo hablaremos de los modelos más actuales que podrían servirnos para nuestro cometido. [22]

3.1.3.1 SH-60B Seahawk

El SH-60B, con el que actualmente cuenta la 10ª escuadrilla, se caracteriza por poseer el sofisticado sistema multipropósito aerotransportado ligero (LAMPS), desplegado principalmente a bordo de fragatas, destructores y cruceros, y, antes de la introducción del MH-60R Seahawk (modelo Romeo), era considerado el helicóptero de la Armada más avanzado.

Este sistema es básicamente un sistema radar a bordo del helicóptero que conecta con los sensores del barco que lo monta y prolonga el alcance efectivo de estos. Gracias a este radar, la aeronave es capaz de llevar a cabo misiones ASUW y ASW para la que también cuenta con un detector de anomalías magnéticas (MAD) remolcado y sonoboyas para lanzar desde el aire. Además cuenta con equipos de guerra electrónica (EW), sensores de observación infrarrojos y es capaz de montar misiles Aire-Superficie, torpedos y una ametralladora montada en la puerta de la aeronave.

3.1.3.2 SH-60F Oceanhawk

El SH-60F es la versión para portaaviones del Bravo, busca reemplazar la capacidad ASW y SAR del al SH-3W Sea King, portando un sonar calable en vez del sistema MAD del modelo 'B' y disminuyendo el número de sonoboyas de 25 a 14.

No obstante, debido a la transformación del SH-3D, la quinta escuadrilla perdió su función ASW, capacidad que ahora desempeñan en exclusiva los helicópteros SH-60B de la 10ª escuadrilla, por tanto, el modelo 'F' no sería reemplazo de los helicópteros de la 5ª, sino más bien de la 10ª.

3.1.3.3 HH-60H Rescue Hawk

El helicóptero HH-60H fue diseñado principalmente para desempeñar funciones de CSAR, NSW y ASUW. Lleva una gran variedad de sensores ofensivos y defensivos y armamento que le hacen ser uno de los helicópteros de ataque más efectivos y seguros en el medio naval, sin embargo, debido a su reducida capacidad de transporte de tropas y alto coste, descartamos su posible elección directamente.

3.1.3.4 MH-60R Seahawk

El MH-60R fue diseñado para ser sustituto de las versiones 'B' y 'F'. Incluye sensores actualizados, más modernos que los de las versiones nombradas, un avanzado enlace de datos aerotransportado, y un sonar aerotransportado más avanzado.

Podría ser un posible sustituto de nuestros helicópteros SH-60B, pero no del SH-3D. No obstante, podría ser utilizado para estudios de reemplazo de dichas unidades en el futuro, pero no será objeto del presente trabajo.

3.1.3.5 MH-60S Knighthawk

Por último, la versión más moderna (2008) junto con la versión 'R', ambas actualmente en producción, el MH-60S fue diseñado con la idea de sustituir al helicóptero naval de transporte de tropas de la Armada de los Estados Unidos CH-46 Sea Knight, helicóptero navalizado parecido al CHINOOK, aunque más pequeño que solía utilizar la U.S. Navy.

Sus dos principales misiones son el transporte de tropas y VERTREP, aunque también puede realizar misiones de SAR. Carece de sensores ofensivos, limitando alguna de sus funciones multipropósito, no obstante, sigue manteniendo la capacidad de montar dos ametralladoras en las puertas como el resto de versiones.

A pesar de sus ‘deficiencias’ tácticas, no debemos olvidar el verdadero propósito de compra de estas unidades, que no es otra que la sustitución de un helicóptero que la Armada usa como transporte de tropas. El resto de misiones serán desempeñadas por otras escuadrillas como los de la 10ª escuadrilla. Además, al carecer de estos sofisticados sensores ofensivos, el precio de compra de estas unidades disminuye considerablemente.

Por todos los motivos citados anteriormente, consideramos que esta versión ‘S’ es la que mejor cumple con los requisitos que la Armada está buscando, por tanto, la utilizaremos en nuestro trabajo.


Sikorsky MH-60S	 <p style="text-align: center;">Figura 3-8 MH-60S [21]</p>
Versión	Sierra (S)
Tripulación	2 pilotos
Capacidad	14 soldados con equipo
Peso vacío	6.559 kg
Peso útil	4.123 kg
Peso máximo de despegue	10.659 kg
Velocidad	Crucero 140 kt o 260 km/h Máxima 153 kt o 284 km/h
Alcance	480 km vacío 453 km con 2.500 kg de carga 1200 km con tanques auxiliares externos
Techo de vuelo	3.658 m
Armamento	2 ametralladoras 12,7 mm en las puertas Cañones Mk 44 Bushmaster II de calibre 30 mm
Coste medio	28 M US\$

Tabla 2 Sikorsky MH-60S [21]

3.1.4 Helicoptero AB-212/ UH-1Y



Figura 3-9 Helicóptero AB-212 [23]

Comenzando a ser fabricados por la empresa americana Bell Helicopter Company en Texas en 1968, con el nombre de UH-1N, todavía son utilizados por el cuerpo de los Marines de los Estados Unidos (US Marine Corps) debido a su versatilidad y buen funcionamiento, demostrando que siguen siendo una herramienta muy útil, tanto en el mundo militar como civil.

Las características principales que hacen tan valioso este helicóptero son principalmente su doble motor que accionan un solo eje con aspa doble que proporcionan una potencia más que sobresaliente para el tamaño y peso de la aeronave, permitiendo que este cuente con una potencia extra que puede ser utilizada en emergencia, ante climatología adversa, o sobrecarga. Su fuselaje completamente metálico y su tren de aterrizaje tipo patín le capacitan para tomar no solo en las cubiertas de vuelo de los barcos, sino también en todo tipo de terreno gracias a su resistencia estructural.

El helicóptero Agusta Bell 212 Twin Huey, forma parte de la 3ª Escuadrilla de aeronaves de la Armada Española. A pesar de ser entregados en 1978 por la Armada de los Estados Unidos, han sufrido numerosas actualizaciones que le han permitido mantenerse a la vanguardia de la operatividad en las diferentes misiones que se requiere.

(Página Armada)

Entre sus diferentes funciones en la Armada, muy parecidas a las que realizan actualmente los helicópteros de su escuadrilla vecina (5ª escuadrilla), realizan transporte táctico de tropas, apoyo de fuego en operaciones de interdicción marítima (MIO), escolta de helicópteros, escolta de convoyes, defensa asimétrica, transporte de personal y logístico, SAR, VERTREP y CASEVAC. Además dispone de gancho vari céntrico que le permite hacer uso de sus potentes motores para transportar mercancía en caso de falta de espacio en su interior.

A pesar de que ya formar parte de la Armada, podría ser una magnífica alternativa de sustitución del Sea King, ya que se ahorraría en coste de compra, formación del personal, piezas de recambio, titulaciones, certificaciones y logística en general que ya tendríamos de la tercera escuadrilla. Sin embargo, sería necesario comprar nuevas unidades que permitieran reemplazar la falta de unidades SH-3D de la 5ª escuadrilla.

Sin embargo, la única versión en venta es la del Bell Helicopters UH-1Y, la versión más moderna del AB-212, la cual incorpora múltiples mejoras en rendimiento y equipamiento. Entre ellas, se encuentra la capacidad de operar de noche con un sistema completamente integrado con la cabina de gafas de visión nocturna, nuevos sistemas de protección contra ataques de guerra electrónica EW y materiales ligeros de protección balística, que protegen a la tripulación y los ocupantes con un peso menor de la aeronave. Incorpora dos nuevas turbinas más potentes que le permiten llevar una carga mucho mayor.

Este nuevo modelo no supondría un problema, puesto que la forma y aviónica es prácticamente la misma, por lo que el ahorro en costes antes mencionados se mantendría en gran medida.


<p>Agusta Bell AB-212</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 3-10 UH-1Y [24]</p>
<p>Versión</p>	<p>UH-1Y</p>
<p>Tripulación</p>	<p>2 pilotos</p>
<p>Capacidad</p>	<p>8 soldados con equipo</p>
<p>Peso vacío</p>	<p>5.370 kg</p>
<p>Peso útil</p>	<p>3.021 kg</p>
<p>Peso máximo de despegue</p>	<p>8.391 kg</p>
<p>Velocidad</p>	<p>Crucero 120 kt o 222,24 km/h Máxima 170 kt o 314,84 km/h</p>
<p>Alcance</p>	<p>460 km</p>
<p>Techo de vuelo</p>	<p>5.273 m</p>
<p>Armamento</p>	<p>2 ametralladoras 12,7 mm en las puertas Posibilidad de acoplar cohetes</p>
<p>Coste medio</p>	<p>5 millones €</p>

Tabla 3-2 Especificaciones UH-1Y [25]

3.1.5 Helicóptero AW101



Figura 3-11 Helicóptero AW101 [26]

El Agusta Westland AW101, puesto en servicio por primera vez en la Armada Británica (Royal Navy) en 2002, fue fruto de un acuerdo entre las compañías Westland (inglesa) y Agusta (italiana), para la venta en ambos países, siendo compradores las Fuerzas Armadas de Dinamarca, Portugal, Japón, Argelia, Arabia Saudita, India, Canadá y Estados Unidos además de ser comercializado para uso civil.

3.1.5.1 Modelo HM-1

De entre sus muchísimas variantes existentes, incluyendo las de aplicación civil, solo hablaremos la que opera actualmente la Armada Británica, el HM-1. Válido para ser operado desde portaaviones, buques de asalto anfíbio, fragatas y barcos auxiliares de su Armada anfitriona, por ser la versión naval, plegable y algo más pequeña el resto actualmente en servicio más probada entre sus variantes. Ésta variación navalizada sería la única viable, por especificaciones de tamaño, tren de aterrizaje reforzado y sensores de conexión de datos y voz con las unidades navales.

Cabe destacar que, al contrario que con el resto de tipos de helicópteros anteriormente propuestos para nuestro estudio, para esta aeronave deberían hacerse las correspondientes certificaciones para despegar y tomar en cubiertas de barcos de nuestra Armada, sin embargo, por las características de los mismos, no tendrían problema en realizar dichas operaciones, ya que los barcos de su Armada son de características similares a las nuestras en cuanto a operaciones aéreas se refiere.

Su construcción se planteó con la idea de reemplazar los Sea King pertenecientes a la Armada británica e italiana. Posee una cabina íntegramente de cristal, que mejora la visibilidad del piloto en la toma de unidades marítimas, esta cabina está totalmente digitalizada con 6 pantallas táctiles, permitiendo que un solo piloto pueda operar la aeronave. Además, cuenta con capacidades de AEW, abordajes de NSF, ASUW y repostaje en vuelo, única unidad que posee dicha característica de las que hemos expuesto.

A pesar del reducido espacio interior, en comparación con el resto de versiones de este helicóptero, debido al espacio que ocupan los diferentes sensores que equipa, cuenta con tres motores (en vez de dos) que le permiten transportar mayor carga que sus competidores, aportando también, mayor seguridad en vuelo ante climatología adversa, haciendo de esta aeronave, una unidad militar muy versátil. Esta carga puede ser transportada con un gancho colgante que monta este helicóptero.


AgustaWestland AW-101	 <p data-bbox="1002 875 1267 904">Figura 3-12 HM-1 [26]</p>
Versión	Naval HM-1
Tripulación	2 pilotos
Capacidad	25 soldados con equipo
Peso vacío	9.080 kg
Peso útil	6.520 kg
Peso máximo de despegue	15.600 kg
Velocidad	Crucero 151 kt o 280 km/h Máxima 167 kt o 309 km/h
Alcance	1360 km
Techo de vuelo	3.307 m
Armamento	2 ametralladoras 12,7 mm en las puertas Anclajes para cohetes
Coste medio	27M US\$

Tabla 3-3 Especificaciones AW101 [26]

3.2 Definición del problema y criterios

En primer lugar definiremos el problema que vamos a tratar, en nuestro caso, la elección de un helicóptero multipropósito que sustituya al SH-3D de la quinta escuadrilla para la Armada.

Para dicha elección, tendremos en cuenta los criterios que consideramos más importantes en la elección de un helicóptero de este tipo basándonos en información adquirida de oficiales militares profesores del Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN) y oficiales de la sección de planes, así como también en el conocimiento personal adquirido durante estos cinco años de carrera militar. Podríamos elegir muchos más de criterios para la compra de un nuevo helicóptero, algunos de ellos, como los acuerdos de intereses internacionales con nuestro país, a los que no tenemos acceso a este nivel, no van a ser tenidos en cuenta a la hora de elegir una de las aeronaves propuestas anteriormente.

Sin embargo, sí que hemos podremos hacer una aproximación objetiva de cuál sería el más acertado basándonos en las características más relevantes del SH-3D. Aquellos que hemos considerado más importantes por orden de preferencia de mayor a menor han sido los siguientes:

1. **Capacidad de carga:** incluimos en ella carga de personal, material y/o armamento. Para ello hemos tenido en cuenta, la media ponderada del número de soldados que puede llevar la aeronave abordo más el peso máximo que puede cargar la misma, tanto abordo como colgado externamente.

Ésta capacidad es de las más importantes en aeronaves de este tipo, ya que en ella recae su principal misión, incluyendo el transporte de piezas y/o pertrechos para reparaciones, transporte de autoridades y estado mayor entre unidades, intervenciones en abordajes aéreos de pesqueros y mercantes e incluso reaprovisionamiento en vuelo como aeronave nodriza.

En la escala de Saaty, valoraremos esta característica como la más importante con respecto a cualquiera de las demás.

2. **Coste:** en una Armada con numerosos recortes y un futuro incierto sin duda el coste cobra un papel muy importante a la hora de tomar una decisión. En este se incluyen no solo los costes de compra, sino también los costes de vida de la aeronave, incluyendo gastos de mantenimiento por horas de vuelo, consumos de combustible, llegando la mayoría de veces a superar el doble del precio de compra de la aeronave.

Cabe destacar que este requisito ha sido el más difícil de definir, puesto que el precio de compra de una aeronave varía muchísimo con respecto a numerosos parámetros, como son el número de unidades que se van a adquirir, acuerdos económicos internacionales, retrasos de entrega... entre otros. Es por ello que hacemos una estimación basándonos en los costes de adquisición por otros países que ya han efectuado la compra de las aeronaves propuestas. Para ello simplemente dividimos el coste total abonado por el país comprador por el número de unidades compradas y hacemos una media, si es posible, con varios casos de compra de diferentes países.

3. **Autonomía:** medida en millas totales que puede recorrer la aeronave a velocidad económica. Cobra una importancia fundamental en el desarrollo de las misiones anteriormente nombradas. Sin ella se limitarían mucho el alcance y la proyección de las capacidades del helicóptero, razón de ser de la capacidad naval del mismo. Sin embargo no debemos olvidar que en misiones de desembarco anfibio de tropas de Infantería de Marina, objetivo principal del actual SH-3D, las distancias a costa desde las unidades a

flote no son tan grandes como pueden ser otro tipo de misiones, por ello, dejamos esta característica en tercer lugar.

4. **Velocidad:** casi igual de importante que la característica anterior, lógicamente cobra importancia por el hecho de querer cumplir la misión con la mayor rapidez posible. Sin embargo, al igual que la autonomía, la distancia recorrida no será muy larga en la mayoría de ocasiones, por lo tanto, la diferencia de velocidad no será predominante en las características de los helicópteros a elegir.
5. **Capacidad ‘Stealth’:** no podemos olvidarnos de una capacidad que cada vez cobra mayor importancia en los teatros de operaciones del siglo XXI, la ‘invisibilidad radar’ o ‘stealth’, refiriéndonos por tanto a la reducción de la firma radárica o sección equivalente radar (RCS), además de la firma calorífica. Gracias a esta tecnología se logra disminuir la capacidad de detección del enemigo de forma que la aeronave sea más difícil de localizar a menor distancia del radar o cámara térmica enemiga.

Hemos situado esta característica en último lugar por ser la que, a pesar de ser importante, la más irrelevante para nuestra Armada, debido a que los costes de investigación para esta tecnología, los materiales y pinturas que son necesarios para ella son muy elevados y por desgracia carecen de interés.

Debido a la dificultad de obtención de información relativa a esta característica, muchas veces protegida por las mismas empresas, por ser información sensible para las Fuerzas Armadas compradoras, nos basaremos en el tamaño del casco de la aeronave, siendo cuanto más grande más fácil de localizar por el radar, y por tanto peor en nuestra puntuación; el grosor de las palas y número de palas, ya que cuanto más finas y mayor número de ellas haya normalmente serán más silenciosas; pintura, forma y material del casco, ya que depende directamente de estos tres parámetros la RCS del aeronave.

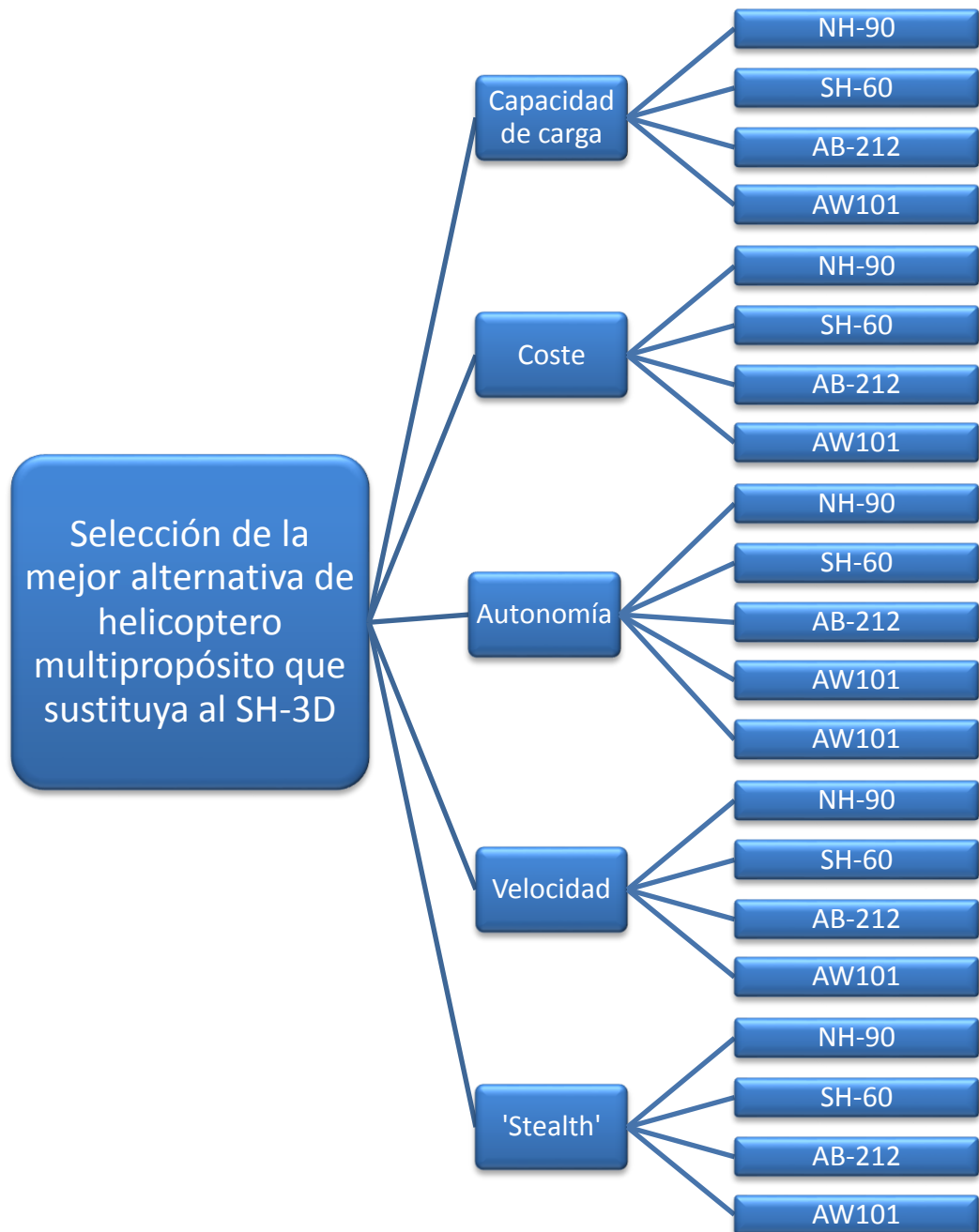


Figura 3-13 Definición del problema

En la figura 3-13 queda plasmada en resumen la definición de nuestro problema con los diferentes criterios que vamos a tener en cuenta y las 4 alternativas de helicópteros para cada uno de ellos. Seguidamente definiremos las matrices de comparación entre criterios y alternativas como dicta el método AHP.

3.2.1 Matrices de comparación de criterios por pares

Una vez definido nuestro problema, nos dispondremos a obtener las diferentes MCP en las que compararemos por pares cada una de las cuatro alternativas de helicópteros para cada uno de los cinco criterios que hemos decidido. A continuación exponemos mediante tablas estas matrices.

C. Carga	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	2	4	1/5
SH-60	1/2	1	3	1/6
AB-212	1/4	1/3	1	1/9
AW101	5	6	9	1

Tabla 3-4 MCP, Capacidad de Carga

En la tabla 3-4 comparamos la capacidad de carga por pares cada uno de los 4 helicópteros finales seleccionados para nuestro estudio. Para ello, hemos otorgado al Merlin AW101 la nota más alta (9) por tener la capacidad de carga más alta, al contrario del Agusta Bell 212, que tiene la más baja. Para el resto de valores, hemos calculado la diferencia entre éstos dos helicópteros de capacidad de carga en tonelaje y en número de soldados, los hemos dividido por los 9 puntos de valoración y obtenemos un valor de 2,44 soldados y 388,77 kg de tonelaje por punto. Por tanto, usando como referencia los de valor más alto y bajo, hemos calculado su diferencia en puntuación numérica haciendo la media entre el valor numérico obtenido de la capacidad de transporte con el tonelaje de carga capaz de transportar.

Coste	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	1/3	1/6	5
SH-60	3	1	1/3	5
AB-212	6	3	1	9
AW101	1/5	1/5	1/9	1

Tabla 3-5 MCP, Coste

Nuevamente repetimos el proceso con el coste. Ahora los helicópteros de referencia siguen siendo el Merlin101 con el precio más alto y por tanto con peor puntuación con respecto al Agusta Bell que

obtiene la mejor puntuación por tener un precio sustancialmente menor. Dividiendo la diferencia entre los 9 puntos, obtenemos un valor de 4,66 millones de \$. Los resultados obtenidos se encuentran reflejados en la tabla 3-2.

Autonomía	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	5	5	¼
SH-60	1/5	1	1	1/9
AB-212	1/5	1	1	1/9
AW101	4	9	9	1

Tabla 3-6 MCP, Autonomía

Para la autonomía, mostrada en la tabla 3-6, tomamos como referencia la distancia recorrida en kilómetros a velocidad económica. Al dividir la diferencia del que más autonomía tiene (AW101) con el menor (AB-212) obtenemos una valoración de 100km por punto. Por tanto asignamos la diferencia al resto de modelos.

Velocidad	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	2	5	1/3
SH-60	1/2	1	4	1/4
AB-212	1/5	1/4	1	1/9
AW101	3	4	9	1

Tabla 3-7 MCP, Velocidad

En cuanto a la velocidad, repetimos el proceso como en el resto de características pero teniendo en cuenta esta vez no solo la velocidad de crucero, sino también la velocidad máxima de cada modelo, multiplicando esta última por un tercio de su valor, ya que consideramos que será un tercio de las veces las que se haga uso de esta velocidad máxima. El resultado de valoración numérica lo vemos reflejado en la tabla 3-7.

Stealth	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	5	3	9
SH-60	1/5	1	1/3	5
AB-212	1/3	3	1	5
AW101	1/9	1/5	1/7	1

Tabla 3-8 MCP, Stealth

Por último, la capacidad ‘Stealth’, considerando los aspectos anteriormente descritos, éstos son los valores comparativos entre los diferentes modelos, siendo el NH-90 el que mejor puntuación obtiene (9) con respecto al AW101 (1) por ser el que peor cumple esta característica por ser el más grande, con formas menos angulosas, con aspas más anchas debido a su alto peso y su gran firma calorífica que desprenden sus 3 turbinas, en comparación con las 2 que tienen el resto de modelos. Los valores se encuentran reflejados en la tabla 3-8.

3.2.2 Matrices de comparación de criterios

Tras haber comparado las 4 aeronaves seleccionadas entre sí según cada criterio, nos disponemos a comparar la importancia de cada uno de los criterios entre sí. Como podemos observar en la tabla 3-9, la capacidad de carga supera a todas las demás en importancia, mientras que a la capacidad ‘stealth’ le ocurre lo contrario.

MCC	C.CARGA	COSTE	AUTONOM.	VELOCIDAD	STEALTH
C.CARGA	1	2	5	6	8
COSTE	1/2	1	3	4	7
AUTONOM.	1/5	1/3	1	2	5
VELOCIDAD	1/6	1/4	1/2	1	3
STEALTH	1/8	1/7	1/5	1/3	1

Tabla 3-9 MCC

Para la definición de estos valores, nos hemos basado principalmente en las capacidades del SH-3D de la quinta escuadrilla, a su vez hemos preguntado a diferentes oficiales pilotos de las diferentes escuadrillas sobre que capacidades podrían prevalecer sobre otras y por último nos hemos basado en la experiencia personal, tras haber estudiado 5 años en la Escuela Naval Militar y haber navegado en diferentes buques de la Armada Española en los que navegan diferentes pilotos y aeronaves abordo.

3.2.3 Matrices de comparación de criterios normalizadas

Al estar trabajando con diferentes unidades, es necesario normalizar los diferentes criterios para evitar la mezcla de dichas unidades y así no cometer errores [6].

Para desarrollar esta matriz de criterios normalizada (MCN) debemos dividir cada número de una columna de la matriz de comparación por pares por la suma total de la columna. Tras este proceso los números quedan entre 0 y 1, encontrándose todas las unidades en el mismo rango de valores [27].

A continuación presentamos las diferentes matrices tras haber sido normalizadas.

C. CARGA	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	0,1481	0,2143	0,2353	0,1353
SH-60	0,0741	0,1071	0,1764	0,1128
AB-212	0,0370	0,0357	0,0588	0,0752
AW101	0,7407	0,6429	0,5294	0,6767

Tabla 3-10 MCN de Capacidad de Carga

COSTE	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	0,0980	0,0735	0,1034	0,2500
SH-60	0,2941	0,2206	0,2069	0,2500
AB-212	0,5882	0,6618	0,6207	0,4500
AW101	0,0196	0,0441	0,0690	0,0500

Tabla 3-11 MCN de Coste

AUTONOMIA	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	0,1852	0,3125	0,3125	0,16981132
SH-60	0,0370	0,0625	0,0625	0,0754717
AB-212	0,0370	0,0625	0,0625	0,0755
AW101	0,7407	0,5625	0,5625	0,6792

Tabla 3-12 MCN de Autonomía

VELOCIDAD	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	0,2128	0,2759	0,2632	0,1967
SH-60	0,1064	0,1379	0,2105	0,1475
AB-212	0,0426	0,0345	0,0526	0,0656
AW101	0,6383	0,5517	0,4737	0,5901

Tabla 3-13 MCN de Velocidad

STEALTH	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	0,6081	0,5435	0,6702	0,4500
SH-60	0,1216	0,1087	0,0745	0,2500
AB-212	0,2027	0,3261	0,2234	0,2500
AW101	0,0676	0,0217	0,0319	0,0500

Tabla 3-14 MCN de Capacidad ‘Stealth’

3.2.4 Matriz comparación de criterios normalizada

Repetimos el mismo proceso que con las MCN pero ahora para la matriz de comparación de criterios, obteniendo así la matriz de comparación de criterios normalizada (MCCN).

MCCN	C.CARGA	COSTE	AUTONOM.	VELOCIDAD	STEALTH
C.CARGA	0,5021	0,5367	0,5155	0,4500	0,3333
COSTE	0,2510	0,2684	0,3093	0,3000	0,2917
AUTONOM.	0,1004	0,0895	0,1031	0,1500	0,2083
VELOCIDAD	0,0837	0,0671	0,0515	0,0750	0,1250
STEALTH	0,0627	0,0383	0,0206	0,0250	0,0417

Tabla 3-15 MCCN

3.2.5 Consistencia

A pesar de haber dado una ponderación lo más objetivamente posible a los diferentes criterios, siempre existe la posibilidad de un error de inconsistencia en la valoración de los mismos, es decir, que la relación entre dichos criterios no es correcta, normalmente por errores humanos al disponer los datos en las diferentes matrices.

Para calcular el valor de ese ‘error’ o inconsistencia realizamos los siguientes pasos:

1. Determinamos la suma ponderada de cada línea de la matriz de comparación por pares en base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa correspondiente.
2. Para cada línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su Alternativa correspondiente.
3. Determinar la media del resultado de la etapa del paso 2.
4. Calcular el índice de consistencia (CI) para cada alternativa dividiendo la resta de la media menos el número de alternativas partido del número de alternativas menos 1.
5. Determinar el índice aleatorio (RI) de la tabla siguiente formulada por Saaty.

Número de alternativas	Índice aleatorio (RI)
1	0
2	0
3	0,58
4	0,882
5	1,12

Tabla 3-16 RI [27]

6. Por último determinar el Cociente de Consistencia (CR) dividiendo CI entre el índice RI [18].

El método dice que si CR es menor de 0,1 la matriz se considera aceptable, mientras que si CR es mayor que dicho valor, habría que replantearla.

A continuación obtenemos el CR de cada una de las matrices y comprobamos su consistencia:

HELICÓPTERO	MEDIA	CONSISTEN.
NH-90	0,1833	4,1183
SH-60	0,1176	4,0149
AB-212	0,0517	4,0364
AW101	0,6474	4,2239
	CI	0,0328
	RI	0,8820
	CR	0,0372

Tabla 3-17 Consistencia Capacidad de Carga

HELICÓPTERO	MEDIA	CONSISTEN.
NH-90	0,1313	4,0934
SH-60	0,2429	4,3574
AB-212	0,58021	4,3219
AW101	0,0457	4,0498
	CI	0,0685
	RI	0,8820
	CR	0,0777

Tabla 3-18 Consistencia Coste

HELICÓPTERO	MEDIA	CONSISTEN.
NH-90	0,2450	4,0728
SH-60	0,0594	4,0158
AB-212	0,0594	4,0158
AW101	0,6362	4,2201
	CI	0,0270
	RI	0,8820
	CR	0,0307

Tabla 3-19 Consistencia Autonomía

HELICÓPTERO	MEDIA	CONSISTEN.
NH-90	0,2371	4,0914
SH-60	0,1506	4,0192
AB-212	0,0488	4,0256
AW101	0,5635	4,1112
	CI	0,0206
	RI	0,8820
	CR	0,0234

Tabla 3-20 Consistencia Velocidad

HELICÓPTERO	MEDIA	CONSISTEN.
NH-90	0,5679	4,2227
SH-60	0,1387	3,9642
AB-212	0,2505	4,2705
AW101	0,0428	3,9584
	CI	0,0347
	RI	0,8820
	CR	0,0393

Tabla 3-21 Consistencia Capacidad ‘Stealth’

Como observamos en cada una de las tablas de consistencia, todas las matrices cumplen con un valor de CR menor a 0,1; de hecho, todas ellas se encuentran por debajo del 0,4; por lo que podemos concluir que todas ellas son consistentes.

4 RESULTADOS

4.1 Toma de decisión

4.1.1 Elección final de la mejor alternativa

Una vez hemos normalizado todas las matrices y hemos comprobado que todas ellas son consistentes, queda el paso más importante, la obtención del resultado final del proceso.

Para ello debemos desarrollar el llamado vector de prioridad global, el cual obtenemos multiplicando el vector de prioridad de cada criterio, obtenido anteriormente, por la matriz de prioridad de alternativas. El resultado podemos apreciarlo en la tabla 4-1 a continuación.

Helicóptero	Resultado AHP
NH-90	0,1954
SH-60S	0,1490
UH-1Y	0,2101
AW-101	0,4455

Tabla 4-1 Vector de prioridad global

Como dice el método AHP, debemos elegir el modelo con el valor numérico más alto, pues este será el valorado como el mejor entre las sus competidores.

Según la tabla 4-1 el helicóptero que deberíamos elegir para la realización de su compra según los criterios elegidos debería de ser el Merlín AW-101. Debemos señalar que este modelo de helicóptero llega a duplicar en resultado a la segunda opción de compra e incluso a triplicar a la opción menos deseada, por lo tanto, es claro que objetivamente, éste debería ser el reemplazo de los helicópteros SH-3D de la quinta escuadrilla de aeronaves en la Armada.

4.1.2 Consideraciones susceptibles de afectar al resultado

Como hemos podido observar durante todo el proceso del AHP, la toma de decisión en el resultado final es completamente objetiva y efectiva, basada en una serie de matrices y fórmulas matemáticas.

En este caso en concreto de compra de material militar, queda demostrado que la elección más objetiva de compra, basándonos en valores reales, de un helicóptero para la sustitución de los SH-3D de la 5ª escuadrilla, sería la del Merlín AW-101.

Sin embargo, muchas veces, el resultado final de decisión se ve afectado por razones varias ajenas al proceso, como pueden ser razones políticas impuestas, o colaterales como pueden ser acuerdos internacionales, necesidad de participación en proyectos internacionales, etc...

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones finales

Podemos afirmar que el proceso AHP es uno de los métodos más efectivos para ayudar a la toma de decisiones en casi cualquier ámbito de nuestra Armada.

En el caso que nos ocupa, para la elección de un modelo para la compra de un helicóptero que sustituya a los helicópteros SH-3D de la 5ª escuadrilla de aeronaves, hemos tenido en cuenta, con la ayuda de otros oficiales y nuestra experiencia, cinco criterios que hemos considerado los más importantes para el planteamiento de nuestro problema.

Los criterios que hemos escogido han sido suficientes en cantidad y calidad para demostrar la efectividad y la facilidad de la aplicación del método AHP. No obstante, cuantos más medios y personal se dedique al estudio de los criterios de selección, tanto mejores serán estos, lo que repercutirá en la objetividad y la adecuación de la compra a nuestras necesidades.

Sin embargo, no debemos olvidar que es una herramienta, no la verdad absoluta. Esta herramienta puede tener aplicación en numerosos casos de toma de decisiones dentro de la Armada.

No obstante, en la toma de decisiones, cuando son de alto nivel, como es el caso de nuestro trabajo, suelen entrar en juego otros factores que quedan fuera de nuestro alcance, como pueden ser los factores políticos. En estos casos puede acometerse el problema incorporando estos factores, considerándolos en el método como un criterio más.

5.2 Desarrollo de una herramienta informática que aplique AHP

A lo largo del desarrollo de nuestro trabajo, hemos ido realizando una serie de sencillos aunque numerosos cálculos matemáticos que hemos podido simplificar gracias a la utilización de tablas de Microsoft Excel.

Hay que señalar que estas tablas solo sirven para solucionar el problema que estamos estudiando en este trabajo y con los criterios que hemos escogido, haciendo difícil la posible incorporación de un nuevo criterio o alternativa posteriormente a la obtención de resultados.

Si queremos que esta metodología sea realmente utilizada en la Armada, o incluso para otras organizaciones del Ministerio de Defensa, deberíamos ser capaces de estandarizar su proceso mediante la creación de una herramienta informática que aplique la metodología AHP.

Dicha herramienta configuraría los criterios, las alternativas y la metodología que se quieran aplicar, y simplemente habría que introducir los valores de cada uno de los criterios para que el programa hiciera los cálculos directamente, ahorrando tiempo y esfuerzo.

5.3 Cumplimiento de objetivos y líneas futuras

Con todo lo expuesto hemos alcanzado los objetivos que nos proponíamos al comenzar este trabajo.

1.- En primer lugar: hemos mostrado e investigado las técnicas más actuales sobre la elección de alternativas.

Nos hemos puesto en contacto con personal de la Armada involucrada en la toma de decisiones, tanto a nivel operativo como a nivel estratégico, que nos han mostrado los procedimientos que utilizan para llevar a cabo la toma de decisiones en su organización.

2.- En segundo lugar: hemos planteado diferentes situaciones en las que es posible aplicar la evaluación de alternativas en el entorno profesional de un oficial de la Armada, tanto de Cuerpo General como del cuerpo de Infantería de Marina, particularizándolo para el caso de la elección de un nuevo tipo de helicóptero multipropósito naval.

3.- Seguidamente le hemos aplicado a este caso las técnicas más adecuadas a las alternativas posibles, llevando a cabo a continuación una comparación de resultados, demostrando finalmente la efectividad de estos métodos.

4.- Por último, hemos dado a conocer estas herramientas de ayuda a la toma de decisiones para una posible futura implantación de su uso en la Armada o en otros organismos del Ministerio de Defensa de una forma estandarizada.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. O'Regan, «Las matemáticas al servicio de la Armada,» *Revista Española de Defensa*, pp. 40-43, Enero 2014.
- [2] S. O. Hansson, *Decision Theory A brief Introduction*, Stockholm: Royal Institute of Technology, 2005.
- [3] M. R. Estrada, *Manejo de problemas y toma de decisiones (Vol. 8)*, El Manual Moderno, 2015.
- [4] R. A. Española, «RAE,» [En línea]. Available: <http://www.rae.es/>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [5] H. A. Taha, *Investigación de operaciones*, Pearson Educación de México, 2012.
- [6] B. Vitoriano, *Teoría de la decisión: Decisión con Incertudumbre, Decisión Multicriterio y Teoría de Juegos*, Universidad Complutense de Madrid, 2007.
- [7] J. Witenberg, *Métodos y modelos de investigación de operaciones (Vol.1)*, Limusa, 2000.
- [8] J. R. C. Armenta, *Medición de la innovación en las pymes mediante la aplicación de métodos multicriterio*, 2010.
- [9] C. Romero, *Análisis de las Decisiones Multicriterio*, Madrid: Isdefe Ingeniería de Sistemas, 1996.
- [10] J. C. O. G. y J. P. O. Cabrera, *El Proceso de Análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de Aplicación*, Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
- [11] C. J. H. d. Armijo, «Planes de la Armada,» *Curso Estado Mayor de la Armada*, 2013.
- [12] C. A. Matos, «La Gestión por Procesos en la Armada,» *Curso de Estado Mayor de la Armada*, 2014.
- [13] CEMEDEN, *Capitulo 3- OPP*, Madrid: *Curso de Guerra Naval*, 2013.
- [14] A. G. Casado, «Calderon CUD Uvigo,» 2 Febrero 2015. [En línea]. Available: http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/11621/26/1/TFG_Arturo%20Gamboa%20Casado.pdf. [Último acceso: 23 Febrero 2016].

- [15] E. Apesteguía, «Flynews,» 17 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://fly-news.es/militar/helicopteros/el-rey-vuela-el-eurocopter-nh90/>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [16] N. Industries, «NH-90,» NH Industries, 2016. [En línea]. Available: http://www.nhindustries.com/site/en/ref/Main-Characteristics_28.html. [Último acceso: 2016 Febrero 20].
- [17] Boeing, «V-22 Osprey Boeing,» Boeing, 2016. [En línea]. Available: <http://www.boeing.com/defense/v-22-osprey/>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [18] Lapan, «Revista Naval,» Revista Naval, 26 Enero 2004. [En línea]. Available: <http://www.revistanaval.com/archivo-2004-2011/3-2004-02-25-1705-36/>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [19] B. Helicopter, «V-22 Bell Helicopter,» Bell Helicopter, 2014. [En línea]. Available: <http://www.bellhelicopter.com/military/bell-boeing-v-22>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [20] E. S. d. Jactres, «Fotos helicopteros de la Armada,» 16 Septiembre 2011. [En línea]. Available: <http://elsitiodejactres.blogspot.com.es/2011/09/helicopteros-de-la-armada-espanola-el.html>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [21] L. M. & Sikorsky, «MH-60 R/S,» Lockheed Martin & Sikorsky, 2012. [En línea]. Available: <http://www.mh-60.com/mh-60s/>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [22] A. Española, «10ª Escuadrilla,» Armada, 2016. [En línea]. Available: http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buques_aeronaves/prefLang_es/02_flotilla-aeronaves-helicopteros--04_10-escuadrilla-aeronaves-sh-60-b-lamps-iii. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [23] Taringa, «La Armada Española en Haiti,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.taringa.net/posts/imagenes/13899559/La-Armada-Espanola-en-Haiti-mision-humanitaria.html>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [24] B. Helicopter, «UH-1y Bell Helicopter,» Bell Helicopter, 2014. [En línea]. Available: <http://www.bellhelicopter.com/military/bell-uh-1y>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [25] B. Helicopter, «UH-1Y Helicopter,» Bell Helicopter, 2016. [En línea]. Available: <http://www.bellhelicopter.com/military/bell-uh-1y>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [26] A. Westlan, «AW101,» Agusta Westlan, 2016. [En línea]. Available: <http://www.finmeccanica.com/-/aw101>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [27] P. H. R. & C. Vejo, Análisis Multicriterio en la toma de decisiones., 2005.
- [28] N. Industries, «NH Industries,» NH Industries, 2016. [En línea]. Available: http://www.nhindustries.com/site/en/ref/Main-Characteristics_28.html. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [29] J. Rodríguez y V. Fernández, Cómo redactar el estado del arte de un trabajo, Editorial Genios, 2010.
- [30] Finmeccanica, «Finmeccanica,» Finmeccanica, 2016. [En línea]. Available: <http://www.finmeccanica.com/-/aw101>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].

ANEXO I: FICHA TÉCNICA NH-90

Main Characteristics

External Dimensions

Overall dimensions (rotors turning):

- Length	19.56 m	64.18 ft
- Width	16.30 m	53.48 ft
- Height	5.31 m	17.42 ft

Weights

- Maximum Gross Weight	10,600 kg	23,369 lb
- Alternate Gross Weight	11,000 kg	24,250 lb
- Empty Weight	6,400 kg	14,109 lb
- Useful Load	4,200 kg	9,260 lb

Cargo Capacity

- Cargo Hook	4,000 kg	8,818 lb
- Single or dual Rescue Hoist	270 kg	595 lb
- Rescue Hoist on ground	400 kg	880 lb

Fuel Capacity

- 7-Cell Internal System	2,035 kg	4,486 lb
- Internal Auxiliary Fuel Tanks (each)	400 kg	882 lb
- External Auxiliary Fuel Tanks (each)	292 kg	644 lb

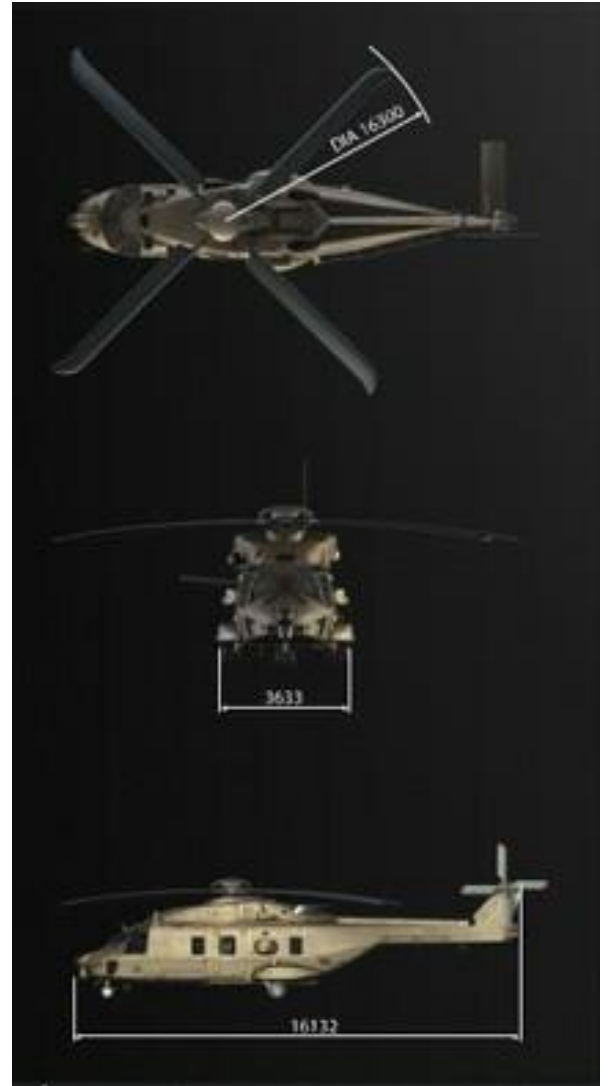


Figura I-1 Dimensiones NH-90 [28]

or 500 kg 1,102 lb

Internal Dimensions

- Width	2.00 m	6.56 ft
- Length	4.80 m	15.75 ft
- Height	1.58 m	5.18 ft
- Volume	15.20 m ³	536.78 ft ³
- Sliding doors opening	1.60 x 1.50 m	5.25 x 4.92 ft
- Rear ramp opening	1.78 x 1.58 m	5.84 x 5.18 ft

NH90 General Performance (Basic Aircraft)

Maximum Cruise Speed (*)	300 km/h	162 kt
Economical Cruise Speed (*)	260 km/h	140 kt
Maximum Rate Of Climb (*)	11.2 m/sec	2,200 ft/min
OEI Rate Of Climb 2 min Rating (*)	4.3 m/sec	850 ft/min
OEI Rate Of Climb Continuous Rating at 2000 m (6560 ft)(*)	1.5 m/sec	300 ft/min
Hover Ceiling IGE (*)	3,200 m	10,500 ft
Hover Ceiling OGE (*)	2,600 m	8,530 ft
Maximum Range	982 km	530 Nm
Maximum Range with 2500 kg payload	900 km	486 Nm
Maximum Endurance	5 h	5 h
Ferry Range (with Internal Aux Fuel Tanks)	1,600 km	864 Nm

(*) at 10000 kg [11]

ANEXO II: FICHA TÉCNICA AW101

AW101 CHARACTERISTICS

Dimensions

Overall Length	22.83 m	74 ft 11 in
Overall Height	6.66 m	21 ft 10 in
Rotor Diameter	18.60 m	61 ft 0 in
Overall Length (folded)	15.75 m	51 ft 8 in
Overall Height (folded)	5.23 m	17 ft 2 in
Width (folded)	5.72 m	18 ft 9 in

Engine Ratings (3 x GT7-8E)

Take-off Power (5 min)	3 x 1,884 kW	3 x 2,527 shp
Intermediate (30 min)	3 x 1,855 kW	3 x 2,488 shp
Max Continuous	3 x 1,522 kW	3 x 2,041 shp
OEI 2 Minute Rating	2 x 1,880 kW	2 x 2,522 shp
OEI Continuous Rating	2 x 1,855 kW	2 x 2,488 shp

Transmission Ratings

Max Take-off power (2.5 min)	4,161 kW	5,580 shp
Intermediate (30 min)	3,955 kW	5,304 shp
Maximum Continuous	3,715 kW	4,982 shp
Maximum Contingency OEI	3,096 kW	4,152 shp
Maximum Continuous OEI	2,774 kW	3,720 shp

Fuel Capacity

Standard Internal Fuel Tanks	5,135 l	1,357 USG
Small USG Auxiliary Fuel Tank	649 l	171 USG
Large USG Auxiliary Fuel Tank	1,389 l	367 USG

Weights

Maximum Gross Weight	15,600 kg	34,390 lb
Empty Weight	>5,500 kg	>12,125 lb
Maximum External Load	4,536 kg	10,000 lb

Seating

Cockpit / Cabin	2 / 25+ crashworthy
-----------------	---------------------

All Engines Operating Performance (MGW)

ISA

Maximum Cruise Speed (SL - MCP)	277 kph	150 kt
Rate of Climb (SL - MCP)	8.5 m/s	1,680 ft/min
Service Ceiling	4,570 m	15,000 ft
Hovering IGE	3,307 m	10,850 ft
Maximum Range (All engine cruise) ¹	1,363 km	735 nm
Maximum Range (Twin Engine Cruise) ¹	1,500 km	810 nm
Maximum Endurance (Twin Engine Cruise) ¹		6 hours 50 min
ISA+20 Hovering IGE	2,420 m	7,950 ft
ISA+35 Hovering IGE	1,325 m	4,350 ft

One Engine In Operative Performance (MGW)

ISA

Forward Rate of Climb (MCP)	4.06 m/s	800 ft/min
Service Ceiling (MCP)	3,108 m	10,200 ft
ISA+20 Service Ceiling (MCP)	2,270 m	7,460 ft
ISA+35 Service Ceiling (MCP)	1,220 m	4,000 ft

Figura II-1 Ficha técnica AW101 [30]

ANEXO III: FICHA TÉCNICA UH-1Y

OVERVIEW

The agile Bell UH-1Y can engage threats, deliver or extricate personnel and perform under the most punishing operating conditions, making it the ultimate tactical utility helicopter. The Bell UH-1Y and the Bell AH-1Z have 84% identity and commonality of major components. Shared dynamics, avionics and survivability suites vastly reduce the logistical tail, procurement and training costs required to support a large fleet of mixed type aircraft.

WORLD-CLASS CUSTOMER SUPPORT AND SERVICE

Every Bell Helicopter is backed by around-the-clock, award winning customer support. Bell Helicopter's comprehensive, global service network is rated #1 in the industry. On every continent, in every region, we stand behind each aircraft with the expertise, parts and service needed to meet your mission requirements.



Designed for harsh operating conditions, the Bell UH-1Y offers industry leading reliability at the lowest life cycle cost.



The most technically advanced Helmet Mounted Sight and Display system available, the Optimized TopOwl delivers mission critical data while reducing cockpit workload.



Like no other utility helicopter, the Bell UH-1Y survives combat with an advanced Electronic Warfare Self Protection suite, and ballistically hardened components.



With fully integrated avionics, communications and onboard systems that protect the aircraft from a broad range of modern threats, the Bell UH-1Y flies with the most advanced airborne survivability equipment in the world.

KEY FEATURES AND BENEFITS

- Fully integrated, night vision goggle (NVG) compatible "glass" cockpit
- Advanced Electronic Warfare Self Protection (EWSP) suite, and ballistically hardened components protect it from a broad range of modern threat weapons
- Energy attenuating seats protect both passengers and crew from impact injury

TECHNICAL SPECIFICATIONS

PERFORMANCE	
Max Speed, KIAS	170
Cruise Speed, KTAS	147
Sideward/Rearward Flight, KIAS	45
Max Autorotation Speed, KIAS	120
Combat Radius, nm	119 nm
Maneuverability	-0.5 to +2.3 g
WEIGHT AND FUEL	
Max Gross Weight, Pounds	18,500
Fuel Capacity, Gallons	388
ENGINES	
Model	T700-GE-401C
Output, Uninstalled, Each Engine	1800 shp
CREW	
Pilots	2
Crew/Passenger Seats	2/8

ANEXO IV: FICHA TÉCNICA V-22 OSPREY

V-22 OSPREY

ONE AIRCRAFT – MULTIPLE MISSIONS

The V-22, the world's first production tiltrotor aircraft, successfully blends the vertical flight capability of a helicopter with the speed, range, altitude, and endurance of an airplane. This unique combination provides the warfighter an unprecedented advantage, allowing more effective mission execution and realization of missions previously unachievable in one aircraft.

Comprehensively tested and currently in full-rate production, the V-22 has proven a survivable and transformational platform in the most challenging environments on the planet. Desired for its responsiveness and operational flexibility, the multi-mission V-22 reshapes the modern-day battlefield and provides unmatched life-saving capabilities in humanitarian aid and disaster relief.



GENERAL CHARACTERISTICS	
Performance @ 47,000 lb	
Max cruise speed (MCP) Sea Level (SL), kts (km/h)	266 (493)
Max RC, A/P mode SL, fpm (m/m)	4,100 (1,250)
Service Ceiling, ISA, ft (m)	24,000 (7,315)
OEI Service Ceiling ISA, ft (m)	9,500 (2,896)
HOGE ceiling, ISA, ft (m)	5,700 (1,737)
Weights	
Takeoff, vertical, max, lb (kg)	52,600 (23,859)
Takeoff, short, max, lb (kg)	57,000 (25,855)
Takeoff, self-deploy, lb (kg)	60,500 (27,443)
Cargo hook, single, lb (kg)	10,000 (4,536)
Cargo hook, dual capacity, lb (kg)	12,500 (5,670)
Fuel Capacity	
MV-22, gallons (liters)	1,721 (6513)
CV-22, gallons (liters)	2,025 (7667)
Engines	
Model	AE1107C (Rolls-Royce Liberty)
AEO VTOL normal power, shp (kW)	6,150 (4586)
Crew	
Cockpit - crew seats	2 MV/3 CV
Cabin - crew seat/roop seats	1/24

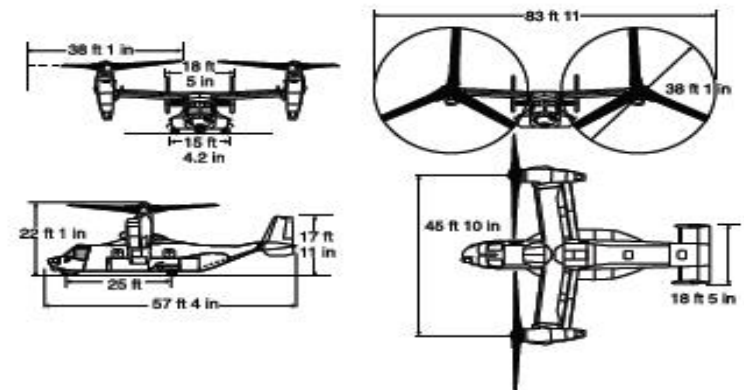


Figura IV-1 Ficha técnica V-22 Osprey [19]

ANEXO V: FICHA TÉCNICA MH-60S

Powerplant and fuel system

Number of Engines	2
Engine Type	T700-GE401C
Maximum Take Off	3,684 shp 2,747 kw
OEI Shaft horsepower (30 sec)	1,891 shp 1,410 kw

Performance

Maximum Gross Weight	23,500 lb	10,659 kg
Maximum Cruise Speed	156 kt	289 km/h
*HIGE Ceiling	14,700 ft	4,480 m
*HOGE Ceiling	11,750 ft	3,581 m
*AEO Service Ceiling	17,560 ft	5,352 m

Accommodations

Cabin Lenth	12. 6 ft.	3.8 m
Cabin Width	7.0 ft	2.1 m
Cabin Height	4.5 ft	1.3 m
Cabin Area	88 ft2	8.1 m2
Cabin Volume	396 ft3	11.2 m3

* At nominal take-off gross weigh

Sikorsky MH-60S SEAHAWK®

Proven multi-mission maritime system

Since its introduction in the U.S. Navy in 2002, the MH-60S helicopter has proven to be an exceptionally reliable and versatile multi-mission aircraft. It has operated around the globe in the most demanding environments and demonstrated unmatched levels of safety and mission success.

Based on its battle-proven predecessors, the UH-60 BLACK HAWK utility helicopter and the U.S. Navy's multi-mission SH-60B SEAHAWK helicopter, the MH-60S provides state-of-the-art controls, displays and decision aids as well as a sophisticated, fully integrated sensor suite. Used by the U.S. Navy for Logistics, Personnel Transport, Organic Airborne Mine Countermeasures (OAMCM) and Armed Helicopter (to include Combat Search and Rescue) missions, the MH-60S is an extremely capable and modern weapon system.

Characteristics

Maximum takeoff gross weight	23,500 lb	10,659 kg
Maximum useful load	9,070 lb	4,123 kg
Dash speed	153 kts	284 km/h
Approximate range	245 nm	453 km
Engines	Two T700-GE-401(C)	

Dimensions

Operating width	53 ft 8 in	16.4 m
Operating length	64 ft 10 in	19.8 m
Operating height	16 ft 0 in	4.9 m
Folded length	40 ft 11 in	12.5 m
Folded width	10 ft 8 in	3.3 m
Folded height	13 ft 3 in	4.1 m
Wheelbase	28 ft 11 in	8.8 m
Main rotor diameter	53 ft 8 in	16.4 m
Tail rotor diameter	11 ft 0 in	3.3 m
Cabin length	12 ft 7 in	3.8 m
Cabin width	6 ft 1 in	1.9 m

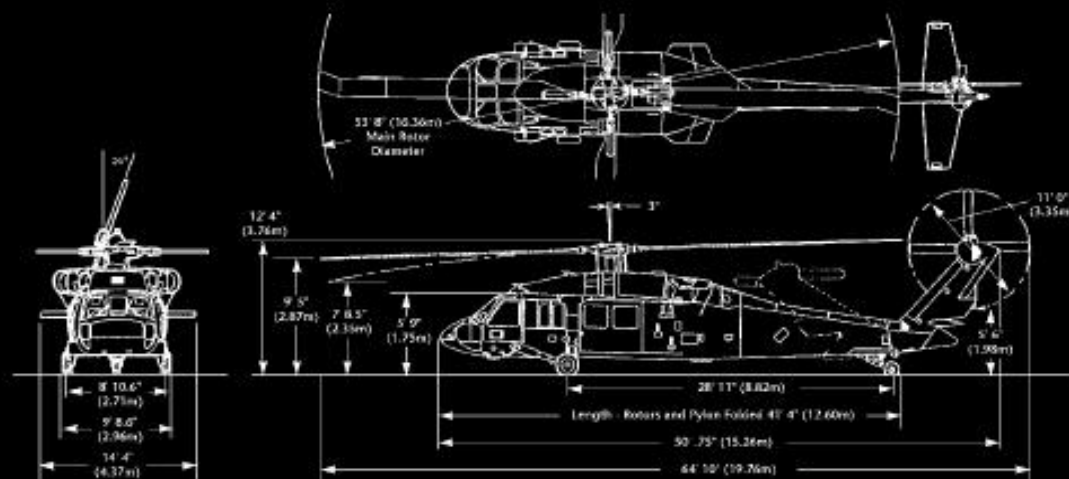


Figura IV-2 Ficha técnica MH-60S [21]

ANEXO VI: CÁLCULOS EN MICROSOFT EXCEL

MATRICES DE COMPARACION DE CRITERIOS (MCC)

MCC	C.CARGA	COSTE	AUTONOM.	VELOCIDAD	STEALTH
C.CARGA	1	2	5	6	8
COSTE	1/2	1	3	4	7
AUTONOM.	1/5	1/3	1	2	5
VELOCIDAD	1/6	1/4	1/2	1	3
STEALTH	1/8	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	2	3 5/7	9 2/3	13 1/3	24

MCCN	C.CARGA	COSTE	AUTONOM.	VELOCIDAD	STEALTH
C.CARGA	0,5021	0,5367	0,5155	0,4500	0,3333
COSTE	0,2510	0,2684	0,3093	0,3000	0,2917
AUTONOM.	0,1004	0,0895	0,1031	0,1500	0,2083
VELOCIDAD	0,0837	0,0671	0,0515	0,0750	0,1250
STEALTH	0,0628	0,0383	0,0206	0,0250	0,0417

MATRICES DE COMPARACION POR PARES (MCP)

C. CARGA	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	2	4	1/5
SH-60	1/2	1	3	1/6
AB-212	1/4	1/3	1	1/9
AW101	5	6	9	1
SUMA	6 3/4	9 1/3	17	1 1/2

COSTE	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	1/3	1/6	5
SH-60	3	1	1/3	5
AB-212	6	3	1	9
AW101	1/5	1/5	1/9	1
SUMA	10 1/5	4 1/2	1 3/5	20

AUTONOM.	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	5	5	1/4
SH-60	1/5	1	1	1/9
AB-212	1/5	1	1	1/9
AW101	4	9	9	1
SUMA	5 2/5	16	16	1 1/2

VELOCIDAD	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	2	5	1/3
SH-60	1/2	1	4	1/4
AB-212	1/5	1/4	1	1/9
AW101	3	4	9	1
SUMA	4 5/7	7 1/4	19	1 2/3

STEALTH	NH-90	SH-60	AB-212	AW101
NH-90	1	5	3	9
SH-60	1/5	1	1/3	5
AB-212	1/3	3	1	5
AW101	1/9	1/5	1/7	1
SUMA	1 2/3	9 1/5	4 1/2	20

C. CARGA	NH-90	SH-60	AB-212	AW101	MEDIA	CONSISTE
NH-90	0,1481	0,2143	0,2353	0,1353	0,1833	4,1183
SH-60	0,0741	0,1071	0,1765	0,1128	0,1176	4,0149
AB-212	0,0370	0,0357	0,0588	0,0752	0,0517	4,0365
AW101	0,7407	0,6429	0,5294	0,6767	0,6474	4,2239
					CI	0,0328
					RI	0,8820
					CR =	0,0372

COSTE N	NH-90	SH-60	AB-212	AW101	MEDIA	CONSISTEN
NH-90	0,0980	0,0735	0,1034	0,2500	0,1313	4,0934
SH-60	0,2941	0,2206	0,2069	0,2500	0,2429	4,3574
AB-212	0,5882	0,6618	0,6207	0,4500	0,5802	4,3219
AW101	0,0196	0,0441	0,0690	0,0500	0,0457	4,0498
					CI	0,0685
					RI	0,8820
					CR =	0,0777

AUTONOM.	NH-90	SH-60	AB-212	AW101	MEDIA	CONSISTEN
NH-90	0,1852	0,3125	0,3125	0,1698	0,2450	4,0728
SH-60	0,0370	0,0625	0,0625	0,0755	0,0594	4,0158
AB-212	0,0370	0,0625	0,0625	0,0755	0,0594	4,0158
AW101	0,7407	0,5625	0,5625	0,6792	0,6362	4,2201
					CI	0,0270
					RI	0,8820
					CR =	0,0307

VELOCIDAD	NH-90	SH-60	AB-212	AW101	MEDIA	CONSISTEN
NH-90	0,2128	0,2759	0,2632	0,1967	0,2371	4,0914
SH-60	0,1064	0,1379	0,2105	0,1475	0,1506	4,0192
AB-212	0,0426	0,0345	0,0526	0,0656	0,0488	4,0256
AW101	0,6383	0,5517	0,4737	0,5902	0,5635	4,1112
					CI	0,0206
					RI	0,8820
					CR =	0,0234

STEALTH	NH-90	SH-60	AB-212	AW101	MEDIA	CONSISTEN
NH-90	0,6081	0,5435	0,6702	0,4500	0,5679	4,2228
SH-60	0,1216	0,1087	0,0745	0,2500	0,1387	3,9643
AB-212	0,2027	0,3261	0,2234	0,2500	0,2505	4,2706
AW101	0,0676	0,0217	0,0319	0,0500	0,0428	3,9584
					CI	0,0347
					RI	0,8820
					CR =	0,0393

RESULTADOS

NH-90	0,1953
SH-60S	0,1490
UH-1Y	0,2100
AW-101	0,4454