



Trabajo Fin de Máster

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA RENOVACIÓN DEL HELICÓPTERO DE TRANSPORTE PESADO “CHINOOK” MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN PROCESO JERÁRQUICO ANALÍTICO

ALBERTO MORALES GONZÁLEZ

Director

Pedro José Martínez Jurado

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023



Agradecimientos

Quiero agradecer a mis mandos directos, tanto en el Gabinete de la Secretaría de Estado de Defensa como de la Brigada Paracaidista, por las facilidades dadas para la realización de este Máster.

Igualmente quiero agradecer la comprensión de mi familia por el tiempo que les he robado y dedicado íntegramente al estudio de las materias incluidas en los dos años de duración del Máster Universitario en Dirección y Gestión de Adquisiciones de Sistemas para la Defensa.

Por último no quiero dejar de agradecer a todos los profesores y colaboradores del Máster por sus enseñanzas y la comprensión mostrada durante la realización del mismo. Todo han sido facilidades y apoyo. En especial quiero agradecer su apoyo al Coronel de Caballería Carlos Ruiz López que me ha facilitado enormemente la realización de este TFM.





RESUMEN

Este trabajo se ha planteado para adoptar la decisión de la mejor alternativa posible para la renovación de la flota de helicópteros de transporte pesado CH-47 "Chinook", versión D, del Ejército de Tierra español. Hasta la fecha para el mantenimiento y sostenimiento operativo de este modelo se ha recibido el apoyo del Ejército Americano, principal usuario de este sistema. Debido a las continuas evoluciones, la versión de este helicóptero que tienen las Fuerzas Armadas españolas ha dejado de recibir apoyo técnico norteamericano por lo que su mantenimiento aumenta en complejidad y costes. Ello obliga a normalizar la flota con la última versión disponible o buscar en el mercado un modelo similar que satisfaga los requisitos operativos y técnicos deseados.

Para apoyar esta decisión nos apoyaremos en una herramienta multicriterio de apoyo a la decisión. De las existentes hemos decidido emplear AHP, Proceso Analítico Jerarquizado, por ser una herramienta sencilla de emplear y cuyo resultado nos facilitara la elección de la mejor alternativa.

De todas las alternativas posibles del mercado mundial, se han elegido solo tres, descartando otros modelos de helicópteros por no cumplir todos los requisitos o no ser posible geopolíticamente su adquisición, por ejemplo los helicópteros de origen ruso. Además en la aplicación y ponderación de los criterios se han tenido los condicionantes impuestos por la situación económica.

El resultado obtenido cumple perfectamente las expectativas del programa de renovación del Helicóptero de Transporte CH-47, aunque debemos destacar que los otros dos modelos contemplados no desmerecen nada.

Palabras clave

AHP, Helicóptero, alternativas, criterios.



ABSTRACT

This work has been proposed to adopt the decision of the best possible alternative for the renewal of the fleet of heavy transport helicopters CH-47 "Chinook", version D, of the Spanish Army. To date, the maintenance and operational support of this model has received backing from the American Army, the main user of this system. Due to continuous developments, the version of this helicopter that the Spanish Armed Forces have has stopped receiving North American technical support, which is why its maintenance increases in complexity and costs. This makes it necessary to standardize the fleet with the latest available version or search the market for a similar model that meets the desired operational and technical requirements.

To support this decision we will rely on a multicriteria decision support tool. From the existing ones we have decided to use the Analytic Hierarchy Process (AHP), because it is a simple tool to use and whose results will facilitate the choice of the best alternative. Of all the possible alternatives on the world market, only three have been chosen, ruling out other models of helicopters as they do not meet all the requirements or their acquisition is not geopolitically possible, for example helicopters of Russian origin. In addition, in the application and weighting of the criteria, the conditions imposed by the economic situation have been taken into account.

The result obtained perfectly meets the expectations of the renewal program for the "CH-47" Transport Helicopter, although we must emphasize that the other two models contemplated do not detract from anything.

Keywords

AHP, helicopter, alternative, criteria.



ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	1
<i>RESUMEN</i>	3
<i>Palabras clave</i>	3
<i>ABSTRACT</i>	4
<i>Keywords</i>	4
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	7
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	9
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	10
1 <i>INTRODUCCIÓN</i>	1
2 <i>OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	2
2.1 <i>OBJETIVOS Y ALCANCE</i>	2
2.2 <i>METODOLOGÍA</i>	2
2.2.1 1 ^a Etapa, Representación del problema.	4
2.2.2 2 ^a Etapa, Evaluación de los criterios.	5
2.2.3 3 ^a Etapa, Evaluación de las alternativas.	7
2.2.4 4 ^a Etapa, Jerarquización de las alternativas.	8
3 <i>ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i>	10
4 <i>DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</i>	12
4.1 <i>PRIMERA ETAPA: REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA</i>	12
4.2 <i>SEGUNDA ETAPA: EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN</i>	15
4.2.1 Cálculo de los pesos de los criterios de valoración.....	15
4.2.2 Cálculo de la consistencia de los pesos asignados a los criterios.....	15
4.2.3 Cálculo de los pesos de los subcriterios de valoración.	16
4.3 <i>TERCERA ETAPA: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS</i>	17
4.4 <i>CUARTA ETAPA: JERARQUIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS</i>	19
5 <i>CONCLUSIONES</i>	20
6 <i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	21





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema General del método AHP.....	3
Figura 2. Representación gráfica de los fundamentos de la Herramienta.....	4
Figura 3. Esquema de la Representación del problema (1 ^a Etapa).....	4
Figura 4. Ejemplo general de Diagrama de árbol.....	5
Figura 5. Esquema de la Evaluación de los criterios (2 ^a Etapa).....	5
Figura 6. Esquema de la Evaluación de las alternativas (3 ^a Etapa).....	7
Figura 7. Esquema de la Jerarquización (4 ^a Etapa).....	8
Figura 8. Diagrama de árbol.....	12
Figura 9. Captura pantalla software (Introducción de datos).....	14
Figura 10. Captura pantalla software (Evaluación de criterios).....	15
Figura 11. Captura pantalla software (Evaluación subcriterios).....	16
Figura 12. Captura pantalla software (Evaluación alternativas – aspectos operativos).....	17
Figura 13. Captura pantalla software (Evaluación alternativas – aspectos técnicos).....	17
Figura 14. Captura pantalla software (Evaluación alternativas – aspectos logísticos).....	18
Figura 15. Captura pantalla software (Matriz de decisión).....	19
Figura 16. Foto primer CH-47F español.....	24
Figura 17. Primer CH47F español en vuelo	25
Figura 18. Bodega de carga del CH47F	25
Figura 19. Cabina del CH47F.....	26
Figura 20. Prototipo Sikorsky CH-53K.....	27
Figura 21. Prueba de izado de un avión F-35.....	27
Figura 22. Cabina de un CH-53K.....	28
Figura 23. Boeing V22 Osprey.....	29
Figura 24. Interior de la Cabina del V22 Osprey.....	30
Figura 25. Configuración de almacenamiento es espacios limitados.....	30
Figura 26. Conjunto motor-rotor basculante.....	31
Figura 27. Mil MI-26.....	33
Figura 28. Interior de la bodega de carga de un MIL MI-26.....	33
Figura 29. EC225 versión de salvamento marítimo.....	34
Figura 30. Helicóptero militar EC725.....	34
Figura 31. Helicóptero Kamov K-32.....	35
Figura 32. S-64 Skycrane transportando dos helicópteros HU-10.....	35
Figura 33. Helicóptero grúa MIL MI-10.....	36



Figura 34. Boeing Vertol 234 versión apagafuegos.....	36
Figura 35. Kamov K-226 sin contenedor de misión.....	37
Figura 36. Rampa de carga de un helicóptero NH90.....	37
Figura 37. NH90 del Ejército del Aire y del Espacio	38
Figura 38. MIL MI 17 en versión armada	38
Figura 39. AW101 Merlin de la Royal Navy británica.....	39
Figura 40. Bodega de carga del AW101.....	39



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Saaty.....	3
Tabla 2. Modelo de matriz de comparación de criterios.....	6
Tabla 3. Modelo de matriz de comparación de subcriterios en cada criterio.....	6
Tabla 4. Modelo de matriz de comparación de criterios y peso de cada criterio.....	7
Tabla 5. Modelo de matriz de decisión.....	8
Tabla 6. Cuadro comparativo de características.....	32



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
A/L	Apoyo Logístico
AMPS	<i>Automatic Mission Planning</i> ; Sistema Automático de Planeamiento de Misión
AW	<i>Augusta Westland</i>
BHELTRA	Batallón de Helicópteros de Transporte
CAAS	Sistema de Arquitectura Aviónica Común
CH	<i>Cargo Helicopter</i>
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
DIAD	Dirección de Adquisiciones
DIVOPE	División de Operaciones
EC	<i>Eurocopter</i>
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Translating Reality</i>
EME	Estado Mayor del Ejército
ET	Ejército de Tierra
FAMET	Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra
GVN	Gafas de Visión Nocturna
K	Kamov
MALE	Mando de Apoyo Logístico del Ejército de Tierra
MIL MI	Designación de los helicópteros rusos en honor a Mikhail Mil, famoso diseñador de helicópteros soviéticos y rusos
NHI	NH Industries
OCM	Objetivo de Capacidades Militares
PAX	Pasajeros
PCMHEL	Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros
REM	Requisitos de Estado Mayor
RI	Razón de Inconsistencia
S	Sikorsky
SEDEF	Secretaría de Estado de Defensa
STOL	<i>Short Take-Off and Landing</i> ; Despegue y aterrizaje en pistas cortas
VTOL	<i>Vertical Take-Off and Landing</i> ; Despegue y aterrizaje vertical
US	<i>United States</i>



1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda la elección de un nuevo Helicóptero de Transporte Pesado para las Fuerzas Armadas Españolas. Aunque existen diversos métodos de evaluación y decisión multicriterio discreto¹, en este trabajo se ha utilizado el denominado Proceso Analítico Jerarquizado (cuyas siglas en inglés responden a AHP- *Analytic Hierarchy Process*). Entre todos los métodos existentes, el AHP presenta ciertas ventajas, principalmente su simplicidad y claridad. Se trata de una metodología de trabajo sencilla, lógica y estructurada, que es ampliamente empleada por las Fuerzas Armadas a la hora de dar soporte a la toma de decisión de adquisiciones. Además, se cuenta con la existencia de diversos programas informáticos de apoyo a su aplicación que facilitan enormemente su empleo.

Este método fue introducido por Thomas L. Saaty (matemático de la Universidad de Pensilvania) en la década de 1970, y está basado en el principio de que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos mismos utilizados en el proceso.

El caso práctico planteado está basado en un programa de modernización ya en ejecución. Partiendo de las mismas premisas que lo pusieron en marcha se han planteado otras alternativas que podrían haber sido consideradas en la renovación de la flota de helicópteros de transporte pesado del Ejército de Tierra. Estas “alternativas” son meras suposiciones del autor y en ningún momento fueron consideradas realmente durante el estudio llevado a cabo siguiendo la Instrucción 67/2011, del Secretario de Estado de Defensa (SEDEF), por la que se regula el Proceso de Obtención de Recursos Materiales en la Fase Conceptual.

El modelo actual empleado por el Ejército de Tierra español es el Boeing CH-47 “Chinook”, versión D. Se trata de una evolución de un helicóptero diseñado y producido a principios de la década de 1960. Hasta la fecha, en sus diferentes versiones se han producido más de 1.200 unidades y ha sido empleado por diecisésis países. Como consecuencia del actual conflicto en Ucrania, además de los países usuarios otros muchos se están planteando la adquisición de este modelo debido a sus peculiaridades características.

¹ Por nombrar algunos de ellos: Método de Programación Lineal Multiobjetivo, Método de ponderaciones, Método Simplex multicriterio, programación por metas, Método ELECTRE.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objeto principal del presente trabajo es, mediante la aplicación de la metodología AHP, resolver el problema planteado para la renovación de la flota de helicópteros de transporte pesado del Ejército de Tierra, en concreto la sustitución de las 17 aeronaves Boeing Chinook "D", por un nuevo helicóptero que satisfaga los Requisitos de Estado Mayor establecidos.

Para ello, en primer lugar, se debe estudiar las posibles alternativas² en el mercado internacional de los Helicópteros de Transporte Militar pesados. Hay que analizar, comparar y elegir la solución más viable.

En concreto, el problema se pretende solucionar mediante la selección de la alternativa de obtención más viable, de una manera objetiva empleando un método científico. Para lograr la solución con mayor viabilidad, se debe partir de las limitaciones presupuestarias existentes para la renovación de la flota y de otros condicionantes de carácter político-estratégico.

Para el empleo del método científico, nos apoyaremos en personal especializado del Ejército de Tierra, tanto de las unidades operativas usuarias de los helicópteros de transporte pesado como del personal especializado en logística, bien sea en la adquisición como en el ciclo de vida del recurso material.

2.2 METODOLOGÍA

Como ya se ha mencionado en la introducción y en el objeto, de los diversos métodos de evaluación y decisión multicriterio discreto existentes, en este trabajo se ha utilizado el denominado Proceso Analítico Jerarquizado (cuyas siglas en inglés responden a AHP- Analytic Hierarchy Process). Este método fue introducido por Thomas L. Saaty y surgió como respuesta a problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, siendo hoy en día un método muy aplicado en diferentes ámbitos, tales como empresa, economía, investigación, etc.

Uno de los elementos fundamentales de este método es la elección correcta tanto de los criterios³ como de los subcriterios. Deben estar claramente definidos, ser relevantes y mutuamente excluyentes, es decir, que no dependa uno de otro. En cuanto al número de criterios y subcriterios a plantear, se recomienda que no sea superior a 7, ya que entonces las comparaciones a pares que se realizan serían excesivas y convertirían el proceso en complejo y con posibles razones de inconsistencia altas, que se explicará más adelante en el apartado metodología. Además, se debe señalar que para que el proceso sea coherente los criterios deben tener de un mínimo de dos subcriterios cada uno.

Una vez que se tiene claramente definido cuál es el objetivo general que buscamos, los elementos que afectan a la decisión se representan en los niveles inmediatos, de forma que los criterios y subcriterios ocupan los niveles intermedios, y el nivel más bajo comprende a las opciones de decisión o alternativas. Este tipo de jerarquía ilustra de un modo claro y simple todos los factores afectados por la decisión y sus relaciones.

² Alternativas son las posibles soluciones a elegir por el decisor. Son mutuamente excluyentes.

³ Criterios son aquellos parámetros o directrices que van a permitir evaluar las alternativas. Son medibles y evaluables. Si se considera que no todos tienen la misma importancia se deben ponderar, es decir, asignar un valor relativo a la importancia que tiene cada uno de ellos en la decisión que se tome. Se deben definir, previa y claramente, y evitar su posible manipulación durante el análisis.



Una vez que se ha definido la estructura jerárquica, objeto del estudio, criterios, subcriterios y alternativas a considerar, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y se realiza, asimismo, la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para esta comparación se emplean unas matrices de comparación pareadas, usando una Escala fundamental, según la siguiente tabla.

Valor A/B	Valor B/A	Definición	Comentarios
1	1	<i>Igual importancia</i>	<i>A y B tienen la misma importancia</i>
3	1/3	<i>Importancia moderada</i>	<i>A es ligeramente más importante que B</i>
5	1/5	<i>Importancia grande</i>	<i>A es más importante que B</i>
7	1/7	<i>Importancia muy grande</i>	<i>A es mucho más importante que B</i>
9	1/9	<i>Importancia extrema</i>	<i>A es extremadamente más importante que B</i>

Tabla 1. Escala de Saaty.

Fuente: Elaboración propia a partir de Saaty (1980).

Esta tabla, en definitiva lo que indica es cuántas veces es más importante un elemento "A" sobre otro "B" para realizar comparaciones y traduce a un lenguaje claro las evaluaciones realizadas y plasmadas en los cuestionarios/encuestas, permitiendo su tratamiento matemático mediante una metodología científica contrastada.

El método aquí empleado consta de las siguientes etapas:

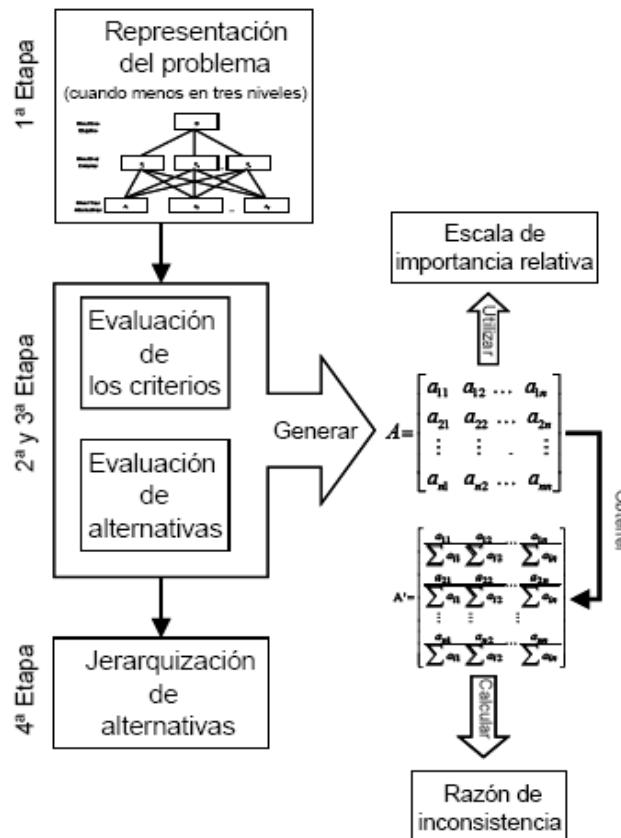


Figura 1. Esquema general del método AHP.

Fuente: MARTINEZ, E.; Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. Anuario jurídico y económico escurialense (2007).



Esta sería otra manera de representar los fundamentos de la herramientas, el órgano que va a decidir propone las alternativas, se definen unos criterios a aplicar en el posterior análisis y, para evitar la manipulación de los criterios en función de los intereses, se ponderan asignando diferentes pesos a los criterios en función de la influencia que queramos que tengan en la decisión final. Por último, se realizan las evaluaciones, método matemático, y se obtendrá la mejor alternativa.



Figura 2. Representación Gráfica de los fundamentos de la herramienta.

Fuente: Apuntes del Master del Cor. Carlos Ruiz

2.2.1 1^a Etapa, Representación del problema.

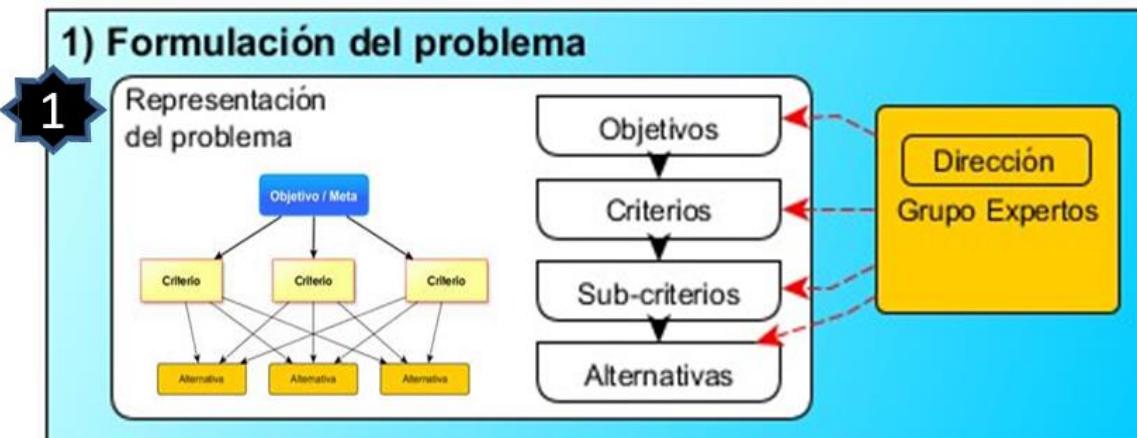


Figura 3. Esquema de la representación del problema (1^a Etapa).

Fuente: Apuntes del Master del Cor. Carlos Ruiz



En esta primera etapa se representa gráficamente el problema mediante un diagrama de árbol. Este diagrama debe tener como mínimo 3 nivel subordinados, en el nivel superior se identifica el problema a resolver. El siguiente nivel incorpora los criterios a evaluar durante el proceso. Estos criterios se obtendrán de las opiniones de expertos generalistas en la materia y, que sean correctos y bien fundamentados es una de las bases para el éxito del método.

Por debajo se especificarán los subcriterios, dentro de cada criterio, también obtenidos mediante la información proporcionada por los expertos. Y, finalmente en el último nivel, se muestran las alternativas consideradas para la resolución del problema planteado en el primer nivel.

En todo el método se debe tener en cuenta que tanto los criterios, los subcriterios, y las alternativas deben ser suficientes para dar robustez a la toma de decisiones. Es decir, debe existir suficiente información de forma que la selección entre las alternativas planteadas tenga una justificación razonada.

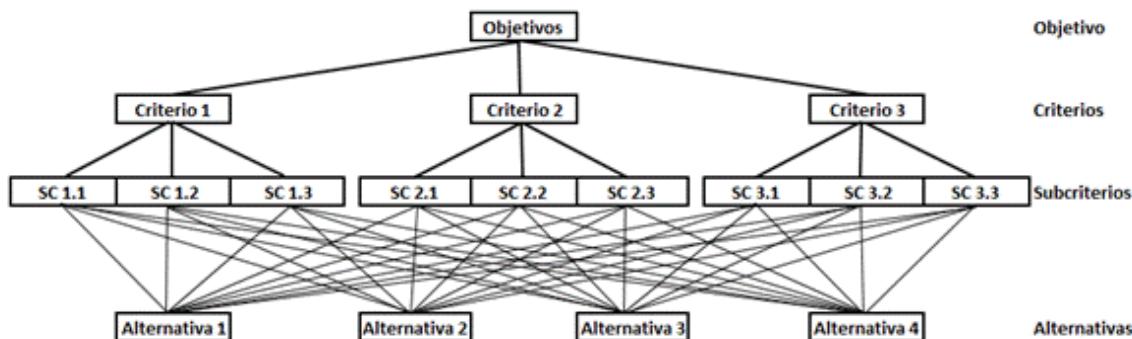


Figura 4. Ejemplo general de Diagrama de árbol.

Fuente: [Análisis de decisiones multicriterio en la integración de herramientas de la economía ecológica \(sld.cu\)](http://Análisis de decisiones multicriterio en la integración de herramientas de la economía ecológica (sld.cu))

2.2.2 2^a Etapa, Evaluación de los criterios.

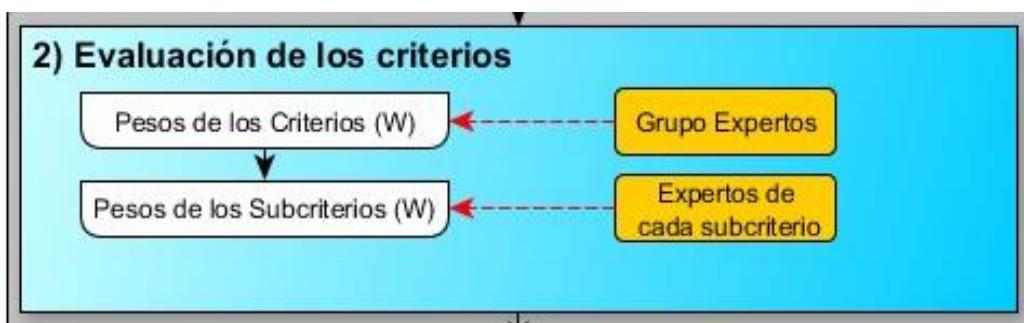


Figura 5. Esquema de la Evaluación de los criterios (2^a etapa).

Fuente: Apuntes del Master del Cor. Carlos Ruiz

En esta segunda etapa se procede a la valoración tanto de los criterios como de los subcriterios. Una vez definidos los criterios y subcriterios adecuadamente se realiza una comparación por pares construyendo una matriz de comparación, empleando en la misma la escala de valores de Saaty mencionada anteriormente.



CRITERIOS	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Criterio 1	1	5	7
Criterio 2	1/5	1	3
Criterio 3	1/7	1/3	1

Tabla 2. Modelo de matriz de Comparación de Criterios.

CRITERIO 1	Subcriterio 1.1	Subcriterio 1.2	Subcriterio 1.3
Subcriterio 1.1	1	1	3
Subcriterio 1.2	1	1	5
Subcriterio 1.3	1/3	1/5	1

CRITERIO 2	Subcriterio 2.1	Subcriterio 2.2	Subcriterio 2.3
Subcriterio 2.1	1	1	1/7
Subcriterio 2.2	1	1	1/5
Subcriterio 2.3	7	5	1

CRITERIO 3	Subcriterio 3.1	Subcriterio 3.2	Subcriterio 3.3
Subcriterio 3.1	1	3	5
Subcriterio 3.2	1/3	1	3
Subcriterio 3.3	1/5	1	1

Tabla 3. Modelo de matriz de Comparación de Subcriterios en cada Criterio.

Una vez que se disponga de los resultados de estas matrices de comparación, se calculará el peso que tendrá cada criterio/subcriterio, es decir la importancia relativa de cada uno de los criterios respecto al resto. Como ejemplo, se indican los pesos relativos de los criterios de la tabla de comparación de criterios anteriormente expuesta.



CRITERIOS	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	PESOS
Criterio 1	1	5	7	0,72
Criterio 2	1/5	1	3	0,19
Criterio 3	1/7	1/3	1	0,08

Tabla 4. Modelo de matriz de Comparación de Criterios y pesos de cada Criterio.

De manera similar, se obtendrían los pesos de los subcriterios. Estos valores se emplearán finalmente en la última etapa "Jerarquización de alternativas".

Las valoraciones expresadas en cada matriz deben guardar consistencia entre sí, esto es, respetar ciertas propiedades enteramente razonables:

- *Transitividad*: Implica que debe respetarse el orden al comparar más de dos elementos. Si A es mejor que B y B es mejor que C, entonces A es mejor que C.
- *Proporcionalidad*: Implica que además de transitividad, las valoraciones deben guardar relación en términos de órdenes de magnitud. Es decir, si A es 2 veces mayor que B, y B es 3 veces mayor que C, entonces A debe ser 6 veces mayor que C.

Una matriz de comparación es completamente consistente cuando se cumple la transitividad y proporcionalidad en las valoraciones. No obstante, es habitual encontrar cierto nivel de inconsistencia cuando las matrices son complejas. El método AHP mide para cada matriz la inconsistencia global a partir de la relación de la inconsistencia de la matriz y un índice de consistencia aleatoria que depende del tamaño de cada matriz. Se considera aceptable un ratio no mayor a 0,10 para continuar con el proceso de decisión y en caso de que este valor sea 0 significa que la consistencia es completa. En caso contrario deben revisarse las valoraciones antes de continuar y asegurar que los resultados sean consistentes, para ello se deben corregir las valoraciones realizadas hasta llevar la matriz a un nivel de consistencia aceptable. Una vez logrado, se puede continuar.

2.2.3 3^a Etapa, Evaluación de las alternativas.



Figura 6. Esquema de la Evaluación de las alternativas (3^a etapa).

Fuente: Apuntes del Master del Cor. Carlos Ruíz

En esta etapa, se obtienen tantas matrices como subcriterios hayamos considerado, y otras tantas matrices como criterios que no tengan subcriterios haya. En cada una de las matrices obtenidas se va a comparar entre sí las alternativas de acuerdo al correspondiente criterio o subcriterio.

La manera de completar las matrices, calcular los pesos relativos de las diferentes alternativas y el cálculo de la razón de inconsistencia es similar a los procesos realizados en la etapa anterior, de evaluación de los criterios.

2.2.4 4^a Etapa, Jerarquización de las alternativas.Figura 7. Esquema de la Jerarquización (4^a etapa).

Fuente: Apuntes del Master del Cor. Carlos Ruiz

Por último y para conocer qué alternativa es la de mayor viabilidad, que es el objetivo último del método y, de acuerdo a los criterios establecidos, se trasladan a la matriz de decisión todos los pesos calculados en las 3 etapas anteriores. Con ello se puede conocer la alternativa más viable identificable mediante un valor y comparable con el resto de alternativas. Además la matriz de decisión permite identificar las fortalezas y debilidades de cada alternativa e indica en qué debería mejorar cada alternativa para aumentar su valoración. Todo ello mediante un método científico.

		ALTERNATIVAS		
CRITERIOS	Peso	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
	Criterio 1	W1		
	Subcriterio 1.1	w11		
	Subcriterio 1.2	w12		
	Subcriterio 1.3	w13		
	Criterio 2	W2		
	Subcriterio 2.1	w21		
	Subcriterio 2.2	w22		
	Subcriterio 2.3	w23		
	Criterio 3	W3		
	Subcriterio 3.1	w31		
	Subcriterio 3.2	w32		
	Subcriterio 3.3	w33		
		xxxxx	yyyyy	zzzzz

Tabla 5. Modelo de Matriz de Decisión



La difusión de AHP se ha visto facilitada por su incorporación en programas informáticos específicos de toma de decisiones, entre los cuales se puede mencionar por ejemplo, "Expert Choice", creado en 1983 por los mismos autores del método. Otra herramienta existente es "AHP Online System - AHP-OS", que se encuentra disponible en el siguiente enlace, [AHP Online System - AHP-OS \(bpmsg.com\)](http://bpmsg.com). Otras herramientas similares se pueden encontrar en Internet, en algunos casos se trata de programas gratuitos y en otros son herramientas de pago.

En nuestro caso de estudio emplearemos el *software* facilitado por el profesor Coronel D. Carlos Ruiz López durante el desarrollo de la asignatura. Se trata de un programa llamado "Ayuda a la Decisión AHP" y que fue desarrollado por el Cte. D. Antonio M. Vázquez Díaz en el "VI Curso Superior de Logística e Infraestructuras".



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Desde la creación de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET) en 1973, se contempló la necesidad de disponer de una Unidad de Helicópteros capaz de realizar misiones de transporte pesado satisfaciendo, de este modo, los requisitos operativos del Ejército de Tierra y de las propias FAMET. En el entonces Estado Mayor Central del Ejército se creó una ponencia para el estudio de nuevas unidades y materiales aeromóviles y, según sus conclusiones, tras un debate final entre los dos finalistas, el "Sikorsky CH-53" y el "Boeing-Vertol CH-47 Chinook", este último fue el helicóptero seleccionado. Así, el 1 de abril de 1973 se crea la Unidad de Helicópteros V, ubicándose en la Base de Colmenar Viejo (Madrid). Los diez primeros helicópteros comprados eran de la versión C. En el año 1980 se compran tres nuevos helicópteros, con ligeras mejoras sobre la versión C, el modelo 414. En 1986 se completa la flota con seis helicópteros de la última versión en aquellos momentos, versión D. Posteriormente en 1989, se aprueba la modernización de toda la flota a la versión D. De los 19 helicópteros finalmente adquiridos, dos aeronaves sufrieron accidentes graves y quedaron totalmente destruidas, con lo que la flota, a fecha de redacción del presente trabajo, se compone de 17 helicópteros.

Hoy en día, el modelo D tiene más de 30 años de vida operativa. En este periodo de tiempo se han producido grandes avances tecnológicos en el campo de la ingeniería aeronáutica militar, que hacen que muchos de los sistemas empleados hayan quedado obsoletos. El *US Army*, que ya ha evolucionado todos sus helicópteros "Chinook" a versiones más modernas informó que a partir del año 2019 ya no dispondría de helicópteros versión D, con lo cual finalizaría su apoyo a la flota española de ese modelo. Este apoyo es fundamental para el mantenimiento operativo de las aeronaves ya que incluye los manuales técnicos de mantenimiento, los manuales de vuelo, las piezas de repuesto, las revisiones, los boletines técnicos, y, lo que es más importante todavía, los certificados de aeronavegabilidad del Chinook español, basado en las publicaciones técnicas del ejército estadounidense.

Además de todo ello, la experiencia en el despliegue del helicóptero Chinook en teatros de operaciones (Afganistán e Irak) y su operación en combinación con unidades de helicópteros de países aliados, ha puesto de manifiesto determinadas carencias y limitaciones, como son:

- El sistema automático de los controles de vuelo y la presentación de datos de vuelo y misión están obsoletos.
- En ambientes exigentes (Gafas de Visión Nocturna –GVN–, tomas en polvo, vuelo en montaña), la carga de trabajo en cabina es superior a la deseable y ello ha producido accidentes en despliegues.
- Prestaciones inferiores a otros modelos y operaciones limitadas en ciertos ambientes.
- La relación de horas de mantenimiento por hora de vuelo es superior a 10.
- El proceso de detección e identificación de averías se realiza por procedimiento, la consecuencia es que el tiempo entre la identificación y la reparación es alto.
- Interoperabilidad limitada por la entrada en servicio en otros países del Chinook modelo F.
- Tiene limitaciones para operar desde buque debido a que carece de freno de rotor.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y, dentro del planeamiento de la Defensa, se detectó la necesidad militar de renovar la flota de helicópteros Chinook modelo D. (dentro del Objetivo de Capacidades Militares 2013-2016, Capacidad Militar 2.c. Acción Terrestre, subcapacidad 2.c.3. Maniobra Aeromóvil). Cabe resaltar que en dicho momento no contaba con prioridad suficiente, y fue validada para entrar en programación a partir del año 2017.



Acorde a lo establecido en la Instrucción 67/2011 de SEDEF sobre el Proceso de Obtención de Recursos Materiales, apartados 3.c) sobre flexibilidad de proceso y 5.a) sobre soluciones desarrolladas y disponibles en el mercado, se estimó conveniente pasar a la Fase de Definición y Decisión, con la elaboración de los Requisitos de Estado Mayor (REM) por parte del usuario final, el Ejército de Tierra.

El objetivo final era asegurar la disponibilidad de helicópteros de transporte pesado en el Ejército de Tierra. Esta modernización o adquisición permitirá incrementar las capacidades reales de operación en cualquier teatro de operaciones, aumentar la seguridad de los ocupantes durante la ejecución de la misión y asegurar la necesaria interoperabilidad con los ejércitos aliados.

La toma de decisiones es un aspecto inseparable al ser humano y adquiere vital importancia cuando estas decisiones afectan a un grupo de personas o a una gran organización, en nuestro caso a las Fuerzas Armadas y más concretamente al Ejército de Tierra. Las decisiones se pueden tomar de forma subjetiva, aplicando lo que se denomina "el saber vulgar", o bien aplicando el método científico.

El saber vulgar es un método basado en la experiencia y el conocimiento del personal que tiene que tomar la decisión. En ciertas decisiones sencillas el haberse equivocado tendrá unas pequeñas repercusiones pero en el caso que nos ocupa, la renovación de la flota de helicópteros de transporte pesado del Ejército de Tierra, la decisión no se puede basar en la experiencia, sino que debemos fundamentarla en algo más sólido. En definitiva debemos realizar un análisis que sustente la decisión en unos fundamentos creíbles y aceptables.

Es por ello que en el método científico, las técnicas de ayuda a la toma de decisiones y los métodos cuantitativos son una herramienta imprescindible que toda organización moderna debe utilizar para resolver problemas y decisiones complejas. Estos métodos persiguen eliminar las conjeturas improvisadas, el pensamiento no explicado, injustificado e intuitivo que en ocasiones acompaña a la mayoría de las decisiones que se toman con respecto a problemas complejos.

Para ello recurriremos a técnicas matemáticas con el fin de seleccionar la mejor alternativa en función de los criterios y subcriterios definidos, y con el sesgo del personal especializado que participa en el método.

El análisis Multicriterio se puede visualizar como una herramienta analítica de una gran potencialidad en los procesos de ingeniería de sistemas. A un nivel operativo, la ingeniería de sistemas puede concebirse como una secuencia de pasos o actividades en las que en todo momento es necesario elegir entre diferentes alternativas. Normalmente estas alternativas deben de evaluarse con arreglo a diferentes criterios. Así, en todas las fases del ciclo de vida de los sistemas es necesario elegir entre diferentes alternativas de diseño, de fabricación, de mantenimiento, etc. Conforme la complejidad del sistema es mayor, el análisis decisional subyacente se hace más difícil, implicando un número mayor de objetivos. Dicho en pocas palabras, el análisis Multicriterio constituye un instrumento racional y objetivo tanto para mejorar la comprensión de los procesos de decisión que subyacen a los procesos sistémicos, como para ayudar a los centros decisores a abordar la necesaria comparación entre alternativas.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 PRIMERA ETAPA: REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

El problema planteado en el presente trabajo, se va a presentar inicialmente mediante un diagrama de árbol en el que se representa claramente la jerarquía trazada con los componentes del problema. Esta jerarquía se plantea en 4 niveles relacionados entre sí.

En el primer nivel se presenta el objetivo/problema a estudiar, en el segundo nivel se especifican los criterios. Estos criterios se han definido mediante una serie de encuestas remitidas a expertos generalistas, los cuales han proporcionado una serie de criterios globales. En el caso que nos ocupa, estos expertos generalistas son oficiales del Ejército de Tierra destinados en las Oficinas de Programa relacionadas con Helicópteros dentro de la Jefatura de Sistemas de Ala Rotatoria, Subdirección General de Programas, Dirección General de Armamento y Material.

En el caso de los subcriterios, representados en el tercer nivel, los expertos consultados se encuadran en las diversas áreas específicas. Pilotos en el caso del área operativa, y personal especialista en el caso del área técnica y logística.

El último nivel del gráfico lo constituyen las alternativas planteadas en la resolución del problema, modernización de la flota actual al modelo "F", adquisición de nuevos helicópteros Boeing Chinook "F", adquisición de helicópteros "Sikorsky CH-53 K King Stallion" y adquisición de convertiplanos⁴ "Bell-Boeing V-22 Osprey". *Este gráfico se adjunta como Anexo II.*

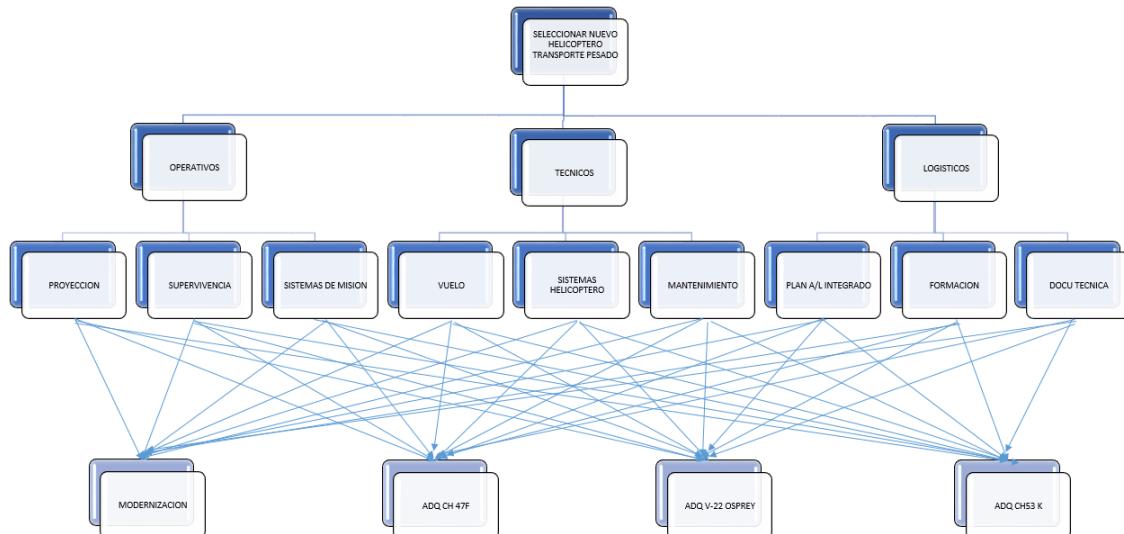


Figura 8. Diagrama de árbol.

Fuente: Elaboración Propia.

Hay que subrayar que para lograr la fiabilidad requerida en la decisión a tomar es de gran importancia la elección de personal experto en la materia. Se insiste, en que son ellos los que detallan los criterios y subcriterios a estudiar y que dirigirán, según se orienten dichos criterios y subcriterios, la decisión en un sentido u otro.

⁴ Un convertiplano es una aeronave de rotores basculantes, es decir, se trata de una aeronave dotada de alas fijas convencionales y propulsadas por hélices cuyo eje de rotación es orientable, dándole ello la capacidad de despegar y aterrizar como un helicóptero y desarrollar el vuelo como un avión.



En esta misma etapa y previamente a la representación gráfica, se realiza la identificación de los criterios con los que se evaluarán las diferentes alternativas planteadas. El documento base de donde extraer estos criterios es el REM (Requisitos de Estado Mayor), en él se recogen en detalle, entre otros aspectos: los detalles operativos, físicos, logísticos y técnicos de la solución operativa a la necesidad planteada.

En el caso concreto estudiado, se han empleado los REM que se realizaron en el proceso de obtención puesto en marcha para la renovación de la flota de helicópteros de transporte pesado el Ejército de Tierra⁵. Para lograr mayor exactitud en la definición de los criterios, y como ya se ha mencionado el trabajo se ha respaldado en expertos en la materia de manera que se ha podido concretar y definir más específicamente los criterios, ya que en el documento mencionado, REM, los requisitos son numerosos.

Para elaborar el listado de criterios se ha partido de los más básicos, siendo este listado ampliado y perfeccionado atendiendo a la opinión de los expertos en medios aeromóviles consultados.

Los criterios son cada una de las condiciones de cada alternativa, que permita ponderar en qué medida ésta se ajusta a las expectativas que durante el proceso de las mismas se tuvo en cuenta a la hora del diseño.

Todas las capacidades, características, peculiaridades, rasgos, opciones o alternativas en que se pueda dividir cada criterio, se va a considerar un subcriterio. Pero todas estas posibilidades se limitarán de manera que solo se consideran las que puedan aportar mayor diferencia. Además ya se ha indicado que en caso de ser muy numerosas, complica enormemente el análisis de las alternativas y dificulta que se obtenga una clara diferenciación entre las mismas.

Entre los mensajes remitidos⁶ a los expertos solicitando los criterios y subcriterios que consideraban más importantes y que se pretendían utilizar posteriormente en la toma de decisiones, se han extraído los siguientes:

- **Criterios Operativos:** capacidades para operar en los teatros de operaciones del siglo XXI.
 - Subcriterio **"Proyección"**. Disponer de los equipos necesarios para permitir su rápido despliegue a zona de operaciones, por ejemplo disponer de freno rotor, plegado de palas, embarque en los medios de transporte aéreo estratégico disponibles.
 - Subcriterio **"Sistemas de Misión"**. Disponer de un Sistema de Planeamiento de Misión (AMPS), cabina digital, *Data-Link*.
 - Subcriterio **"Supervivencia"**. Que engloba el Sistema de Guerra Electrónica y la protección balística.

⁵ Los REM son un documento clasificado con el grado de "CONFIDENCIAL", por lo que en este trabajo solo se hará una somera referencia a lo incluido en el mismo y, en ningún caso, se empleará información exacta de su contenido.

⁶ Tras un primer contacto inicial con los expertos mediante correo electrónico en el que se solicitaba su colaboración se remitió un segundo correo en el que se les requería criterios y subcriterios, para posteriormente el autor hacer una selección de los que consideraba imprescindibles y de más relevancia para la decisión a tomar.



- **Criterio Técnicos:** características técnicas de la aeronave.
 - Subcriterio "**Capacidades de vuelo**". Autonomía, compatibilidad vuelos GVN, velocidad.
 - Subcriterio "**Sistemas del Helicóptero**". Ganchos de carga, grúa de rescate.
 - Subcriterio "**Mantenimiento**". Sistemas de grabación y descarga de datos, certificado de aeronavegabilidad.
- **Criterios Logísticos:** soporte logístico integrado, formación y documentación asociada.
 - Subcriterio "**Plan Apoyo Logístico (A/L), Apoyo Industrial asociado**". Participación de la industria nacional, coste de la aeronave, coste de la hora de vuelo.
 - Subcriterio "**Formación del personal**". Cursos de formación inicial y continuada.
 - Subcriterio "**Documentación Técnica asociada**". Disponibilidad y usabilidad de las publicaciones técnicas.

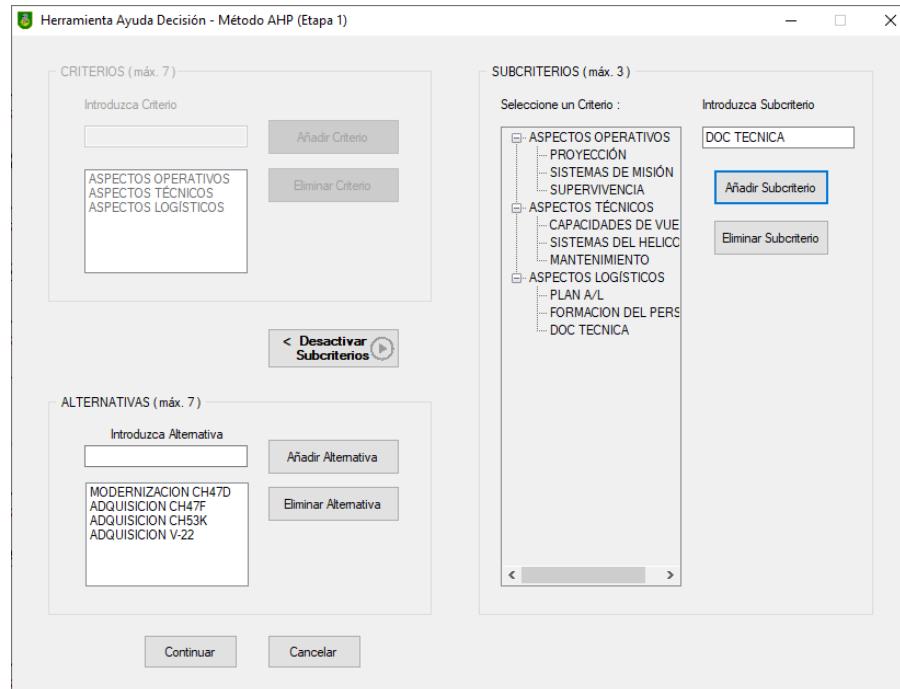


Figura 9. Captura de pantalla del software empleado (Introducción de datos).

Fuente: Elaboración Propia.



4.2 SEGUNDA ETAPA: EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN

Para la evaluación de los criterios y subcriterios indicados en el punto anterior se remitieron cuestionarios a seis oficiales (Ver modelo de cuestionarios en el *Anexo C* y resultados obtenidos en el *Anexo D*). De estos oficiales, tres son personal de diferentes oficinas de Programa de la DGAM, de la Jefatura de Ala Rotatoria, y por lo ello expertos generalistas en medios aeromóviles, y otros tres oficiales que han sido Jefes del Batallón de Helicópteros de Transporte V (BHELTRA V), unidad usuaria de los helicópteros de transporte pesado en el Ejército de Tierra.

Para obtener coherencia en los resultados obtenidos, si dos o más oficiales coincidían en una respuesta se tomaba ésta como válida, en caso contrario, se consideraba la media de los resultados obtenidos.

4.2.1 Cálculo de los pesos de los criterios de valoración.

Una vez analizados los resultados de la encuesta de criterios, se han transformado a la Escala de Saaty y se introdujeron en la matriz específica del programa informático empleado, con el siguiente resultado:

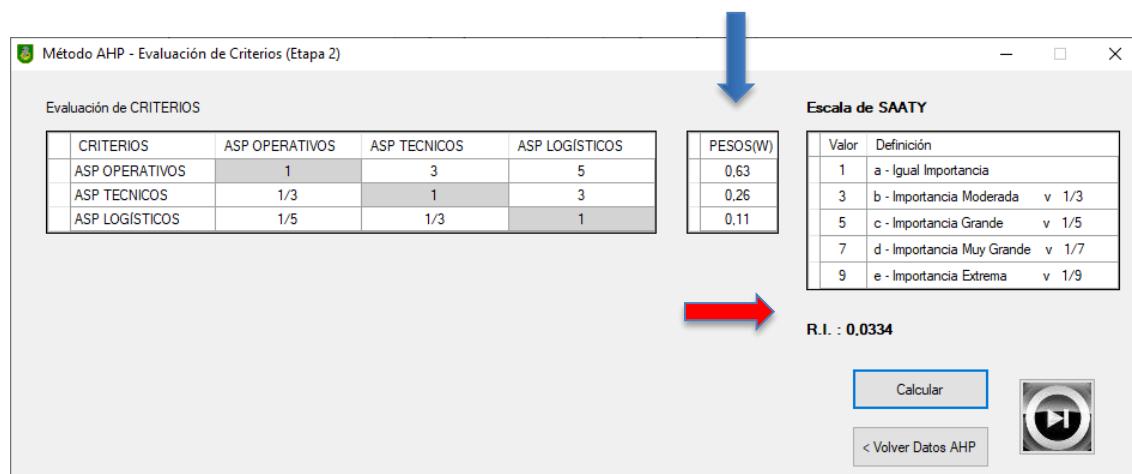


Figura 10. Captura de pantalla del software (Evaluación de criterios).

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante una flecha azul se han señalado los pesos calculados (W) para cada criterio.

4.2.2 Cálculo de la consistencia de los pesos asignados a los criterios.

En la misma ventana, podemos ver señalizado con una flecha roja, la Razón de Inconsistencia (R.I.) que el programa calcula. Como ya se explicó anteriormente este valor debe ser menor de 0,1 para que los resultados obtenidos sean consistentes. En el trabajo el resultado obtenido ha sido de 0,0334, por lo que las encuestas reflejan unos resultados consistentes. En el caso de que el resultado fuera superior a 0,1 se debería analizar de nuevo los datos introducidos porque son inconsistentes entre sí.



4.2.3 Cálculo de los pesos de los subcriterios de valoración.

Nuevamente trabajando con el resultado de las encuestas, esta vez relativos a los subcriterios y aplicando la Escala de Saaty, se introducen los valores en la siguiente matriz del programa y obtenemos los siguientes resultados:

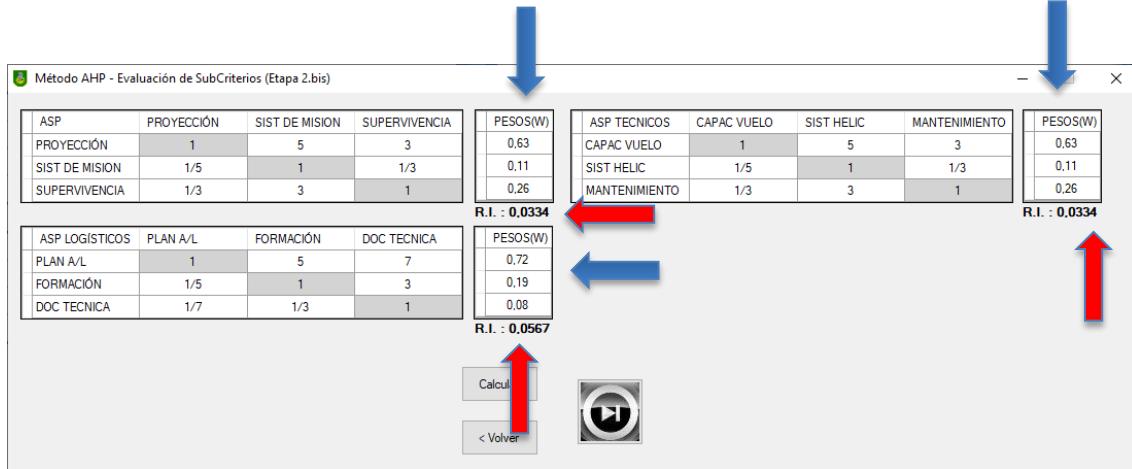


Figura 11. Captura de pantalla del software (Evaluación subcriterios).

Fuente: Elaboración Propia.

Igualmente, se pueden ver los pesos, señalados mediante una flecha azul y la razón de inconsistencia (R.I.) mediante flecha roja. De nuevo, los resultados son consistentes ya que la R.I. en todas las matrices es menor de 0,1.



4.3 TERCERA ETAPA: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para la realización de esta etapa, evaluación de las alternativas, se obtuvo mediante el programa informático unas encuestas específicas. Hay que destacar que en esta fase se obtienen tantas matrices como subcriterios se hayan introducido, en nuestro caso nueve.

Las matrices relacionadas con el criterio de aspectos operativos se remitieron para su cumplimentación al personal de la División de Operaciones (DIVOPE) del Estado Mayor del Ejército (EME), obteniendo los siguientes resultados:

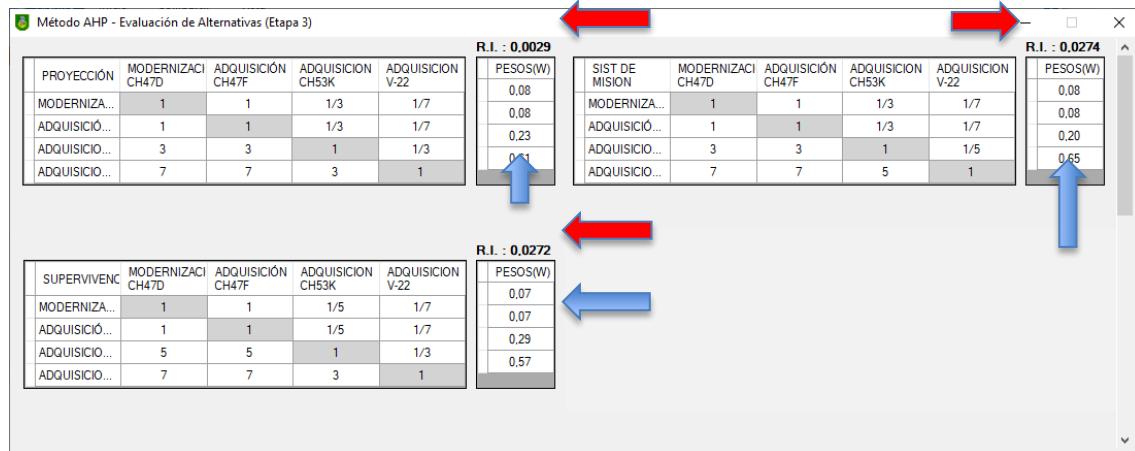


Figura 12. Captura de pantalla del software (Evaluación alternativas – aspectos operativos).

Fuente: Elaboración Propia.

Nuevamente mediante flechas azules se señalan los pesos obtenidos por el programa y mediante flechas rojas la Razón de Inconsistencia (R.I.). Al igual que se ha realizado en las siguientes capturas de pantalla.

En cuanto a las relacionadas con los aspectos técnicos a personal del Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros (PCMHEL), los resultados fueron los siguientes:

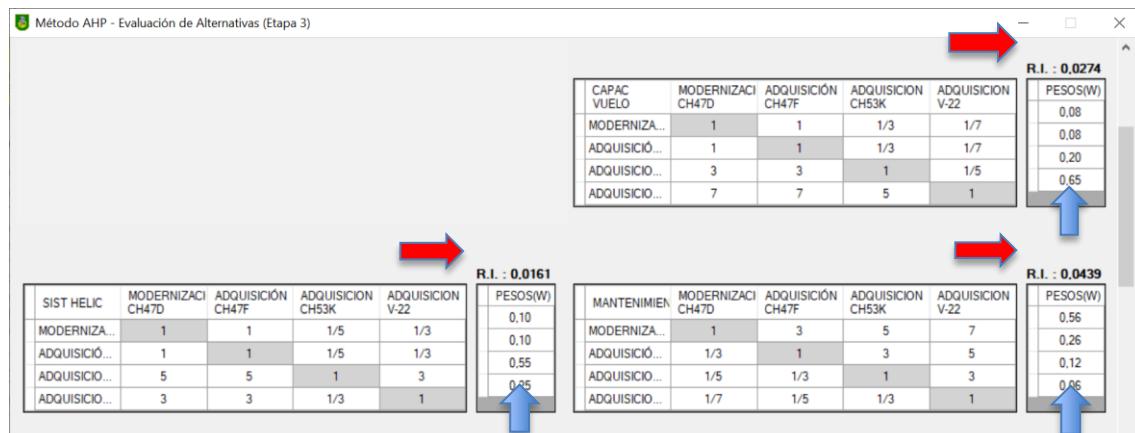


Figura 13. Captura de pantalla del software (Evaluación alternativas – aspectos técnicos).

Fuente: Elaboración Propia.



Y, por último las matrices relacionadas con los subcriterios de los aspectos de apoyo logístico, se remitieron a personal de la Sección de Medios Aeromóviles de la Dirección de Adquisiciones del Mando de Apoyo Logístico del Ejército de Tierra.

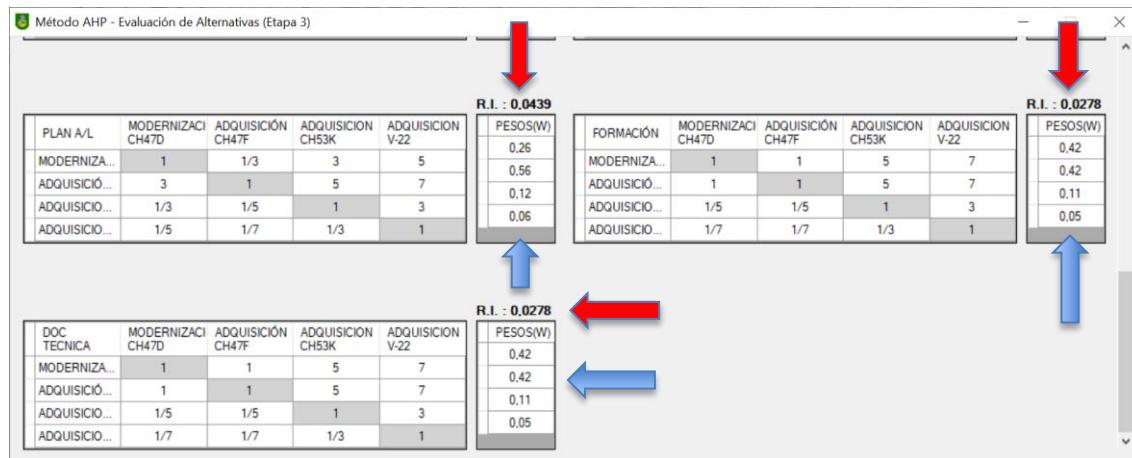


Figura 14. Captura de pantalla del software (Evaluación alternativas – aspectos logísticos).

Fuente: Elaboración Propia.



4.4 CUARTA ETAPA: JERARQUIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

En último lugar se obtuvo la matriz de decisión. En ella se muestra cuál sería la alternativa de obtención más viable. En el caso que nos ocupa, y en función de todos los resultados obtenidos sería en primer lugar la adquisición del "Bell-Boeing V-22 Osprey", en segundo lugar quedaría el "Sikorsky CH-53 King Stallion" y, por último, las dos opciones, empatadas, de modernización de la flota actual del Boeing Chinook a la versión "F" y la adquisición de nuevos helicópteros de dicho modelo. Estos serían los resultados estrictos obtenidos mediante el método aplicado.

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	MODERNIZACION	ADQUISICIÓN	ADQUISICION	ADQUISICION
ASP OPERATIVOS	0.63	0.08	0.08	0.24	0.60
+ PROYECCIÓN	0.63	0.08	0.08	0.23	0.61
+ SIST DE MISION	0.11	0.08	0.08	0.20	0.65
+ SUPERVIVENCIA	0.26	0.07	0.07	0.29	0.57
ASP TECNICOS	0.26	0.21	0.13	0.21	0.45
+ CAPAC VUELO	0.63	0.08	0.08	0.20	0.65
+ SIST HELIC	0.11	0.10	0.10	0.55	0.25
+ MANTENIMIENTO	0.26	0.56	0.26	0.12	0.06
ASP LOGÍSTICOS	0.11	0.31	0.52	0.12	0.06
+ PLAN A/L	0.72	0.26	0.56	0.12	0.06
+ FORMACIÓN	0.19	0.42	0.42	0.11	0.05
+ DOC TECNICA	0.08	0.42	0.42	0.11	0.05
		0.14	0.14	0.22	0.51

Figura 15. Captura de pantalla del software (Matriz de Decisión).

Fuente: elaboración propia



5 CONCLUSIONES

La toma de decisiones es una función clave en la gestión de cualquier organización. Dentro de los métodos cuantitativos para resolver problemas de decisión multicriterio se destaca el método AHP que ha sido abordado en este trabajo.

Con el problema planteado, renovación de la flota de helicópteros de transporte pesado del Ejército de Tierra, y las alternativas consideradas estudiando los mercados actuales de helicópteros, aplicando el método AHP, y con los criterios y subcriterios sugeridos por los expertos identificados, se ha alcanzado un resultado que, tal y como lo hemos diseñado, era lo previsible. El mayor desarrollo tecnológico del convertiplano, el "Bell-Boeing V-22 Osprey", sus numerosas ventajas operativas, como la autonomía y facilidad de auto despliegue, su velocidad... lo convertían en un rival difícil a batir, desde los criterios propuestos.

Como ya existe una Oficina de Programa para la modernización de la flota actual y con la alternativa escogida, modernización de la flota Chinook modelo D al F, he pretendido estudiar otras teóricas opciones que se podían haber considerado. Debido al estrecho escenario presupuestario disponible para abordar el problema, las opciones de adquisición del "Sikorsky CH-53K King Stallion" y del "Bell-Boeing V-22 Osprey" quedaban totalmente descartadas, ya que doblaban el techo de gasto previsto para el programa.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill.
- Expert Choice (2019). Expert Choice. <http://www.expertchoice.com>
- GAO-09-692T V-22. Osprey Aircraft: Assessments Needed to Address Operational and Cost Concerns to Define Future Investments.
- GAO-15-342SP, Defense Acquisitions: Assessments of Selected Weapon Programs.
- AHP - DOE WIKI (upv.es).
- Apuntes del Máster. Capítulo 8 Capítulo 8. Métodos Cuantitativos. Metodología AHP. Profesor Carlos Ruiz López



ANEXOS

Anexo I Modelos del mercado

Anexo II Esquema de diagrama en árbol

Anexo III Modelos de encuestas empleadas

Anexo IV Resultados de las encuestas



Anexo I

Modelos del mercado

Las alternativas consideradas en el planteamiento de este trabajo, para que el Ejército de Tierra siga manteniendo la capacidad de helitransporte pesado, han sido las siguientes:

- Modernización de la flota actual de helicópteros "Boeing CH-47 Chinook" modelo D al modelo F.
- Adquisición de nuevos helicópteros "Boeing CH-47 Chinook" modelo F.
- Adquisición del helicóptero "Sikorsky CH-53" modelo K King Stallion.
- Adquisición del convertiplano "Bell-Boeing V-22 Osprey".

A continuación se van a describir brevemente estas alternativas, reduciendo los modelos a estudiar a 3, ya que en definitiva la modernización de la flota actual de Chinook o la adquisición de nuevas aeronaves del Chinook son sobre el mismo helicóptero, el Chinook modelo F.

Estudiando con más detenimiento el mercado mundial de aeronaves con estas características muy específicas encontramos otros modelos como pueden ser:

- Mil Mi 26
- Airbus EC225
- Kamov K-32
- Sikorsky S-64 Skycrane
- Mil Mi 10
- Boeing Vertol 234
- Kamov K-226
- NHI NH90
- Mil Mi 17
- Augusta Westland AW101

Al final del anexo se hará una breve referencia a estos helicópteros. En su gran mayoría se han descartado por no cumplir rigurosamente las especificaciones requeridas, principalmente la capacidad de carga y las especificaciones militares y, en otros casos se han descartado por que su país de fabricación no entra dentro de los estándares requeridos ya que se trata de helicópteros fabricados en Rusia.



BOEING CH-47 CHINOOK F

El helicóptero fabricado por Boeing y denominación "CH-47 Chinook", es definido como un versátil helicóptero de transporte de carga pesada, que cuenta con dos turbinas y rotores en tandem⁷.

Es la versión actual en fabricación de este modelo, que data de 1961 y que hasta la fecha se han fabricado más de 1.200 unidades en sus diferentes versiones. Al no tener rotor de cola toda la potencia de las turbinas se emplea en la sustentación y empuje del helicóptero, lo que le da una asombrosa velocidad en un aparato de su tamaño. Cuenta con tres ganchos de carga externa lo que le permiten una amplia variedad de cargas externas y una rampa trasera que facilita la carga interna de la bodega.

Sus principales características son la reducción de los efectos de la vibración, un sistema de control de cabina integrado, cuenta con controles de vuelo automáticos digitales y motores más potentes con control de combustible digital. En definitiva las mejoras lo convierten en un helicóptero totalmente preparado para los combates del siglo XXI, mejorando considerablemente su eficacia y su eficiencia.



Figura 16. Primer CH-47 F español.

Fuente: Repcionado en fábrica el primer CH-47F del Ejército de Tierra español-noticia-defensa.com - Noticias Defensa España

Esta versión se gestó cuando el Ejército de los Estados Unidos, principal usuario del modelo, solicitó incluir en las aeronaves que disponía de algunas mejoras del modelo MH-47, versión empleada por las Unidades de Operaciones Especiales. Los vuelos de pruebas comenzaron en 2001. Las mejoras que incluye son controles de vuelo automático digitales, un Sistema de Arquitectura Aviónica Común (*Common Avionics Architecture System, CAAS*) de cabina de cristal totalmente integrado, y numerosas mejoras para la supervivencia de la aeronave en combate.

⁷ Los helicópteros con rotores en tandem cuentan con dos rotores montados enfrentados en el sentido longitudinal del helicóptero y normalmente a dos alturas. La disposición de los mismos y ser contrarrotativos (cada uno de ellos cancela el par motor generado por el otro), evitan que este tipo de aeronaves disponga de rotor de cola (empleado en los helicópteros con un único rotor principal para compensar el par motor de dicho rotor y mantener un vuelo estable).



Figura 17. Primer CH47F español en vuelo.

Fuente: [Chinook HT-17 - Ejército de tierra \(defensa.gob.es\)](http://Chinook HT-17 - Ejército de tierra (defensa.gob.es))



Figura 18. Bodega de carga del CH47F.

Fuente: [Chinook HT-17 - Ejército de tierra \(defensa.gob.es\)](http://Chinook HT-17 - Ejército de tierra (defensa.gob.es))



Figura 19. Cabina del CH47F.

Fuente: [Chinook HT-17 - Ejército de tierra \(defensa.gob.es\)](http://Chinook HT-17 - Ejército de tierra (defensa.gob.es))



SIKORSKY CH-53 K KING STALLION

El Sikorsky CH-53, en sus diferentes versiones es un helicóptero de transporte de carga pesada originalmente desarrollado para cubrir las necesidades del Cuerpo de Marines de los Estados Unidos. Además de este país ha sido operado por otros países como Irán, Israel, Alemania o México.



Figura 20. Prototipo Sikorsky CH-53K.

Fuente: [iChoque de Titanes! \(key.aero\)](http://iChoque de Titanes! (key.aero))

El nuevo diseño presenta tres turbinas, al igual que sus antecesores, pero notablemente mejoradas y con superior potencia. Tiene nuevas palas del rotor principal fabricadas con materiales compuestos y la cabina es más ancha que las versiones previas. Aumenta considerablemente el radio de acción y su capacidad de carga, por ejemplo ya puede transportar internamente un vehículo de alta movilidad Humvee e incluso un avión F-35 como se puede ver en la siguiente figura.

El coste por unidad, incorporando la investigación y el desarrollo llevado a cabo se dispara hasta los 130 M \$.



Figura 21. Prueba de izado de un avión F-35.

Fuente: [New USMC CH-53K King Stallion Helicopter Sling-Loads An F-35 \(Updated\) \(thedrive.com\)](http://New USMC CH-53K King Stallion Helicopter Sling-Loads An F-35 (Updated) (thedrive.com))



Figura 22. Cabina de un CH-53K.

Fuente: [The cockpit of a CH-53K KING STALLION - European Security & Defence \(eurosd.com\)](http://www.eurosd.com)



BELL-BOEING V-22 OSPREY

El "V-22 Osprey" es una aeronave militar polivalente, catalogada como convertiplano o aeronave de rotores basculantes, que tiene tanto capacidad de despegue y aterrizaje verticales (VTOL), como de despegue y aterrizaje cortos (STOL). Fue diseñado para combinar la funcionalidad de un helicóptero convencional con las capacidades de alta velocidad de crucero y largo alcance de un avión turbohélice.



Figura 23. Boeing V22 Osprey.

Fuente: [Bell, Boeing reaches milestone with 400th delivery of the V-22 Osprey \(newschannel10.com\)](http://Bell, Boeing reaches milestone with 400th delivery of the V-22 Osprey (newschannel10.com))

El "V-22 Osprey" destaca principalmente por su polivalencia, versatilidad, y capacidad multimisión: transporte de tropas, asalto aerotransportado, apoyo al combate, operaciones de fuerzas especiales, búsqueda y rescate en combate, evacuación sanitaria, transporte logístico... En sus orígenes sufrió graves problemas debido a la complejidad de la aeronave diseñada y el período experimental se extendió más de 10 años.

Entre sus principales características destacan la alta velocidad, la capacidad de aterrizaje y despegue vertical, reabastecimiento en vuelo, todo ello le proporciona un gran radio de acción y además sus rotores retráctiles y su sección alar móvil facilitan el despliegue a bordo de buques y aviones.

Ha sido una aeronave muy criticada desde el principio debido al gran aumento de costes de diseño y de producción. Se trata de una aeronave muy compleja y difícil de mantener. Una de las principales diferencias con los helicópteros puros es que no posee la capacidad de autorrotación, de manera que en vuelo estático y por debajo de los 490 metros de altura, una parada de los dos motores implica la pérdida total de la aeronave y su tripulación. A mayor altura podría realizar un aterrizaje de emergencia similar a un avión.



Figura 24. Interior de la Cabina del V22 Osprey.

Fuente: [Bell-Boeing V-22 Osprey - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Bell-Boeing_V-22_Osprey)



Figura 25. Configuración de almacenamiento en espacios limitados.

Fuente: [Bell-Boeing V-22 Osprey - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Bell-Boeing_V-22_Osprey)



Figura 26. Conjunto motor-rotor basculante.

Fuente: [Bell-Boeing V-22 Osprey - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Bell-Boeing_V-22_Osprey)



Cuadro comparativo de las alternativas seleccionadas

	CH-47 F	V-22	CH-53 K
TRIPULACIÓN	3 ⁸	4 ⁹	5 ¹⁰
CAPACIDAD CARGA	33-55 PAX 12.700 kg	24-32 PAX 9.070 Kg + 6.800 kg (Ext)	37 PAX ¹¹ 15.900 kg
POTENCIA MOTORES	2 x 2.796 kW	2 x 4.586 kW	3 x 5.600 kW
VELOCIDAD MÁXIMA	315 km/h	463 km/h ¹²	315 km/h
VELOCIDAD CRUCERO	220 km/h	446 km/h	280 km/h
ALCANCE	741 km	1.627 km	852 km
ARMAMENTO	3 AML 7,62mm	1 AML 7,62 mm / 1 AMP 12,7 mm	3 AMP 12,7 mm
COSTE UNIDAD	35 M\$	115,5 M\$	93 M\$
COSTE HORA DE VUELO	5.000 \$	11.000 \$	20.000 \$

Tabla 6. Cuadro comparativo de características.

Fuente: elaboración propia

⁸ Piloto, copiloto y mecánico de vuelo. En caso de aeronave armada se complementa con tres tiradores.

⁹ Piloto, copiloto y 2 ingenieros de vuelo (mecánicos).

¹⁰ 2 pilotos, 1 jefe tripulación/artillero derecho, 1 artillero izquierdo, 1 artillero cola.

¹¹ 55 con asientos centrales.

¹² Alcance 565 km/h a 4.600 m de altitud.



OTROS MODELOS DEL MERCADO

Como ya se ha mencionado existen otros helicópteros en el mercado mundial, de los cuales se hablará brevemente y porque no han sido considerados en este trabajo.

MIL MI-26

Se trata del mayor helicóptero del mercado mundial, actualmente en producción. Es un modelo de origen soviético pero a pesar de sus grandes prestaciones no se considera entre las posibles alternativas debido a su origen. Tiene una capacidad de carga similar a la de un avión C-130 "Hércules" (dado de baja en 2020 en las Fuerzas Armadas españolas).



Figura 27. Mil MI-26.

Fuente: [Mil Mi-26 - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

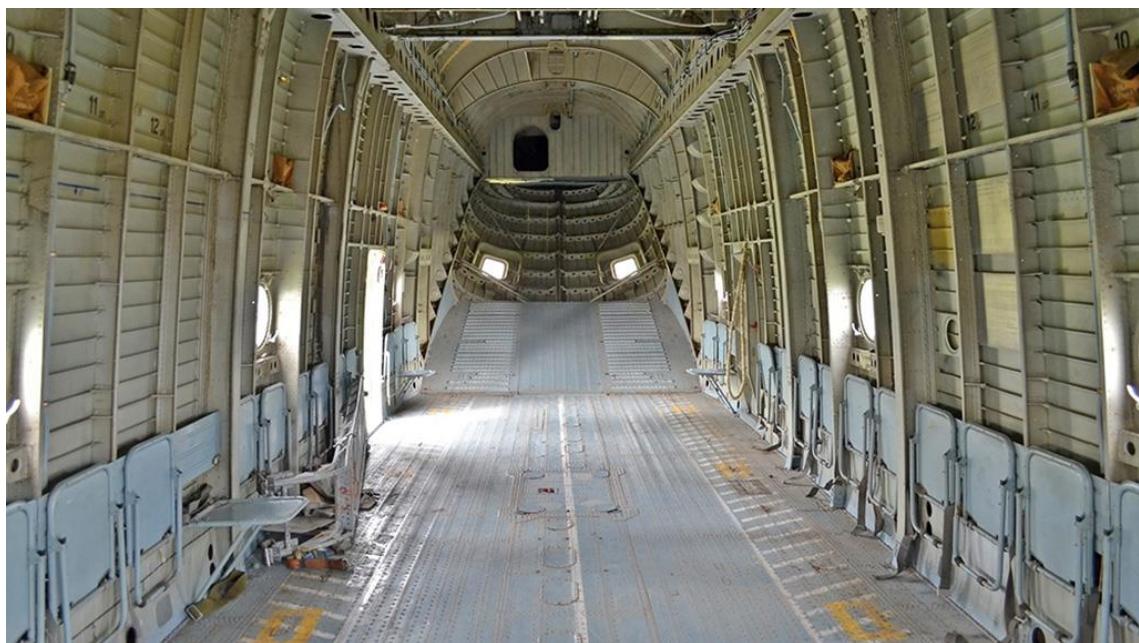


Figura 28. Interior de la bodega de carga de un MIL MI-26.

Fuente: [Mill Mi-26 - Guía de Chárter de Carga \(aircharterservice.com.ar\)](#)



Airbus EC225

Este helicóptero es la versión civil del Helicóptero militar EC725. Ambos se descartan como alternativa a estudiar debido a que son considerados helicópteros de transporte medio no pesado. Su capacidad de carga es mucho menor de los requisitos exigidos.



Figura 29. EC225 versión de salvamento marítimo.

Fuente: [Eurocopter EC225 Super Puma - Wikipedia](#)



Figura 30. Helicóptero militar EC725.

Fuente: [Eurocopter EC725 Super Cougar - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)



Kamov K-32

Este helicóptero no cumple los requisitos necesarios en cuanto a capacidad de carga. Además de ser un diseño con configuración civil y de fabricación soviética / rusa.



Figura 31. Helicóptero Kamov K-32.

Fuente: [Primer vuelo de prueba del helicóptero ruso Ka-32A11BC equipado con nuevos motores \(zona-militar.com\)](http://Primer vuelo de prueba del helicóptero ruso Ka-32A11BC equipado con nuevos motores (zona-militar.com))

Sikorsky S-64 Skycrane

Es un helicóptero de transporte pesado pero sus peculiares características le limitan las posibles misiones a realizar, ya que solo puede llevar carga externa. No se considera como una alternativa factible.



Figura 32. S-64 Skycrane transportando dos helicóptero HU-10.

Fuente: Sikorsky S-64 Skycrane - Wikipedia, la enciclopedia libre



MIL MI 10

Se trata de un helicóptero con características muy similares al anterior pero de origen soviético/ruso. No se considera porque no cumple los requisitos y además es de fabricación rusa.



Figura 33. Helicóptero grúa MIL MI-10.

Fuente: [Mil Mi-10 - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Mil_Mi-10)

Boeing Vertol 234

Se trata de la versión civil del CH47 por lo que no se considera ya que no cumple los requisitos militares exigidos.



Figura 34. Boeing Vertol 234 versión apagafuegos.

Fuente: [Ya está en Chile el enorme Boeing Vertol 234 para el combate de incendios forestales \(tallyho.cl\)](https://tallyho.cl/ya-esta-en-chile-el-enorme-boeing-vertol-234-para-el-combate-de-incendios-forestales/)



Kamov K-226

Se trata de un helicóptero de transporte de origen soviético con características de helicóptero grúa pero de tamaño medio. Tiene la peculiaridad de tener un contenedor de misión intercambiable en lugar de una cabina fija.



Figura 35. Kamov K-226 sin contenedor de misión.

Fuente: [Kamov Ka-226 - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Kamov_Ka-226)

NHI NH-90

Se trata de un helicóptero de transporte medio por lo que la capacidad de carga no satisface los requisitos exigidos para sustituir al CH-47 Chinook.



Figura 36. Rampa de carga de un helicóptero NH90.

Fuente: [NHIndustries NH90 - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/NHIndustries_NH90)



Figura 37. NH90 del Ejército del Aire y del Espacio.

Fuente: [Archivo:Spanish Air Force NH90 in Airbus Helicopters.jpg - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Spanish_Air_Force_NH90_in_Airbus_Helicopters.jpg)

MIL MI 17

Es la versión de exportación del helicóptero de transporte de origen soviético / ruso MIL MI 8. Sus características lo catalogan como helicóptero de transporte medio.



Figura 38. MIL MI 17 en versión armada.

Fuente: [File:Mil Mi-17-1V Hip 6112 \(11749085526\).jpg - Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mil_Mi-17-1V_Hip_6112_(11749085526).jpg)



AW101

Es un helicóptero militar de transporte medio en servicio en el Reino Unido, Italia y Portugal, pero no reúne las condiciones necesarias para ser un eficaz sustituto del helicóptero Chinook, principalmente por la capacidad de carga.



Figura 39. AW101 Merlin de la Royal Navy británica.

Fuente : [AgustaWestland AW101 - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)



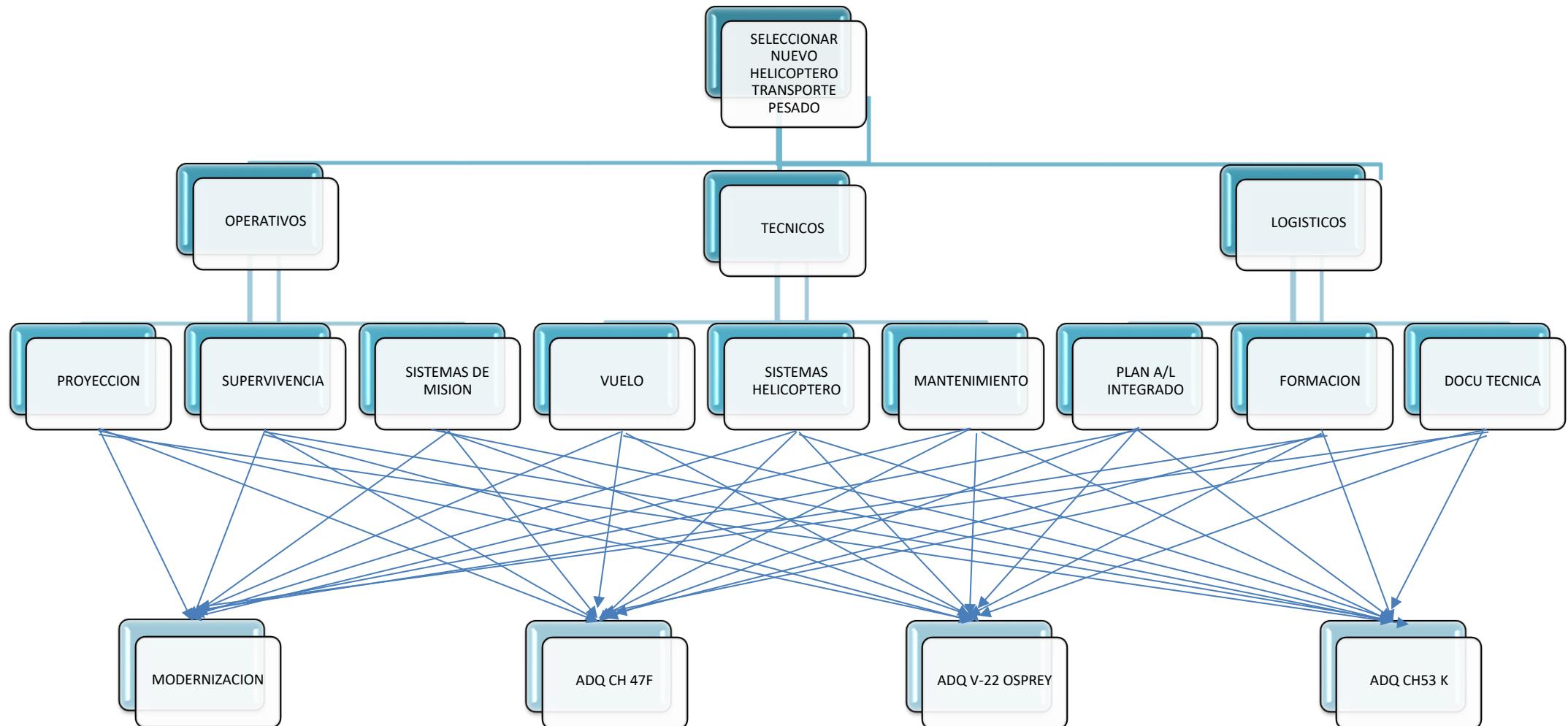
Figura 40. Bodega de carga del AW101.

Fuente: [AgustaWestland AW101 - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)



Anexo II

Esquema de diagrama de árbol





Anexo III

Modelo de cuestionarios empleados

A continuación se recogen los diferentes modelos de cuestionarios remitidos por correo electrónico.

En primer lugar, los cuestionarios remitidos para la determinación de los pesos que se deberían asignar a los criterios y luego los cuestionarios para asignar pesos a los diferentes subcriterios en función de cada criterio.



DETERMINACIÓN DE PESOS CRITERIOS

Compare los siguientes criterios para la determinación de la alternativa de obtención del Helicóptero de Transporte Pesado del Ejército de Tierra

Nota: Definición de criterios en texto adjunto.

Qué es más importante y en qué grado, marque la casilla que considere.

A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
A Aspectos Operativos					B Aspectos Técnicos			
A Aspectos Operativos					B Aspectos Logísticos			
A Aspectos Técnicos					B Aspectos Logísticos			

- **Criterios Operativos:** capacidades para operar en los teatros de operaciones del siglo XXI.
- **Criteria Técnicos:** características técnicas de la aeronave.
- **Criterios Logísticos:** soporte logístico integrado, formación y documentación asociada.



DETERMINACIÓN DE PESOS SUBCRITERIOS

Compare los siguientes subcriterios del criterio Aspectos Operativos para la determinación de la alternativa de obtención del Helicóptero de Transporte Pesado del Ejército de Tierra

Nota: Definición de subcriterios en texto adjunto.

Qué es más importante y en qué grado, marque la casilla que considere.

A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
A Proyección				B Sistemas de Misión				
A Proyección				B Supervivencia				
A Sistemas de Misión				B Supervivencia				

Criterio Aspectos Operativos: capacidades para operar en los teatros de operaciones del siglo XXI.

- Subcriterio "**Proyección**". Disponer de los equipos necesarios para permitir su rápido despliegue a zona de operaciones, por ejemplo disponer de freno rotor, plegado de palas, embarque en los medios de transporte aéreo estratégico disponibles.
- Subcriterio "**Sistemas de Misión**". Sistema de Planeamiento de Misión (AMPS), cabina digital, *Data-Link*.
- Subcriterio "**Supervivencia**". Sistema de Guerra Electrónica, protección balística.



DETERMINACIÓN DE PESOS SUBCRITERIOS

Compare los siguientes subcriterios del criterio Aspectos Técnicos para la determinación de la alternativa de obtención del Helicóptero de Transporte Pesado del Ejército de Tierra

Nota: Definición de subcriterios en texto adjunto.

Qué es más importante y en qué grado, marque la casilla que considere.

A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
A Capacidades de Vuelo				B Sistemas del Helicóptero				
A Capacidades de Vuelo				B Mantenimiento				
A Sistemas del Helicóptero				B Mantenimiento				

Criterio Aspectos Técnicos: características técnicas de la aeronave.

- Subcriterio "**Capacidades de vuelo**". Autonomía, compatibilidad vuelos GVN, velocidad.
- Subcriterio "**Sistemas del Helicóptero**". Ganchos de carga, grúa de rescate.
- Subcriterio "**Mantenimiento**". Sistemas de grabación y descarga de datos, certificado de aeronavegabilidad.



DETERMINACIÓN DE PESOS SUBCRITERIOS

Compare los siguientes subcriterios del criterio Aspectos Logísticos para la determinación de la alternativa de obtención del Helicóptero de Transporte Pesado del Ejército de Tierra

Nota: Definición de subcriterios en texto adjunto.

Qué es más importante y en qué grado, marque la casilla que considere.

A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
A Plan A/L								B Formación
A Plan A/L								B Doc. Técnica
A Formación								B Doc. Técnica

Criterio Aspectos Logísticos: soporte logístico integrado, formación y documentación asociada.

- Subcriterio "**Plan Apoyo Logístico (A/L), Apoyo Industrial asociado**". Participación industria nacional, coste de la aeronave, coste de la hora de vuelo.
- Subcriterio "**Formación del personal**". Cursos de formación inicial y continuada.
- Subcriterio "**Documentación Técnica asociada**". Disponibilidad y usabilidad de las publicaciones técnicas.



CUESTIONARIO DE VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS

CRITERIO ASPECTOS OPERATIVOS

Encuesta remitida a Oficiales piloto con experiencia en BHELTRA-V.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

	PROYECCIÓN CH47D	MODERNIZACIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22	
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	

	SIST DE MISIÓN	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

	SUPERVIVENCIA	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

CRITERIO ASPECTOS TÉCNICOS

Cuestionario remitido a Oficiales AMH con experiencia en mantenimiento helicópteros de transporte.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

	CAPAC VUELO	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

	SIST HELIC	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

	MANTENIMIENTO	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

CRITERIO ASPECTOS LOGÍSTICOS

Encuesta remitida a personal de la Sección de Medios Aeromóviles de la Dirección de Adquisiciones del MALE.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

	PLAN A/L	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

	FORMACIÓN	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1

	DOC TÉCNICA	MODERNIZACIÓN CH47D	ADQUISICIÓN CH47F	ADQUISICIÓN CH53K	ADQUISICIÓN V-22
MODERNIZACIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1
ADQUISICIÓN	1	1	1	1	1



Anexo IV

Resultados del método de la encuesta

A continuación se recogen los formularios empleados para recopilar los datos recibidos.



DETERMINACIÓN DE PESOS CRITERIOS

	A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
	A Aspectos Operativos					B Aspectos Técnicos			
Of. 1				X					
Of. 2			X						
Of. 3				X					
Of. 4				X					
Of. 5					X				
Of. 6			X						
<i>Total</i>				X					
	A Aspectos Operativos					B Aspectos Logísticos			
Of. 1		X							
Of. 2			X						
Of. 3		X							
Of. 4			X						
Of. 5				X					
Of. 6				X					
<i>Total</i>			X						
	A Aspectos Técnicos					B Aspectos Logísticos			
Of. 1					X				
Of. 2				X					
Of. 3				X					
Of. 4			X						
Of. 5			X						
Of. 6				X					
<i>Total</i>				X					



DETERMINACIÓN DE PESOS SUBCRITERIOS (CRITERIO OPERATIVO)

	A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
	A Proyección					B Sistemas de Misión			
Of. 1		X							
Of. 2		X							
Of. 3			X						
Of. 4				X					
Of. 5			X						
Of. 6				X					
<i>Total</i>			X						
	A Proyección					B Supervivencia			
Of. 1					X				
Of. 2					X				
Of. 3				X					
Of. 4			X						
Of. 5				X					
Of. 6				X					
<i>Total</i>				X					
	A Sistemas de Misión					B Supervivencia			
Of. 1							X		
Of. 2							X		
Of. 3						X			
Of. 4					X				
Of. 5						X			
Of. 6						X			
<i>Total</i>					X				



DETERMINACIÓN DE PESOS SUBCRITERIOS (CRITERIO TÉCNICO)

	A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
	A Capacidades de Vuelo						B Sistemas del Helicóptero		
Of. 1		X							
Of. 2			X						
Of. 3			X						
Of. 4				X					
Of. 5	X								
Of. 6			X						
<i>Total</i>			X						
	A Capacidades de Vuelo						B Mantenimiento		
Of. 1			X						
Of. 2				X					
Of. 3				X					
Of. 4					X				
Of. 5				X					
Of. 6				X					
<i>Total</i>			X						
	A Sistemas del Helicóptero						B Mantenimiento		
Of. 1						X			
Of. 2					X				
Of. 3						X			
Of. 4						X			
Of. 5						X			
Of. 6							X		
<i>Total</i>					X				



DETERMINACIÓN DE PESOS SUBCRITERIOS (CRITERIO LOGÍSTICO)

	A es extremadamente más importante	A es mucho más importante	A es más importante	A es ligeramente más importante	A y B son igual de importantes	B es ligeramente más importante	B es más importante	B es mucho más importante	B es extremadamente más importante
A Plan A/L									
Of. 1		X							
Of. 2			X						
Of. 3		X							
Of. 4				X					
Of. 5					X				
Of. 6			X						
Total			X						
A Plan A/L									
Of. 1			X						
Of. 2	X								
Of. 3		X							
Of. 4		X							
Of. 5		X							
Of. 6		X							
Total		X							
A Formación									
Of. 1		X							
Of. 2			X						
Of. 3				X					
Of. 4				X					
Of. 5				X					
Of. 6					X				
Total				X					
B Formación									
B Doc. Técnica									
B Doc. Técnica									