



POTENCIA RELATIVA DE COMBATE: UN MÉTODO PARA DETERMINARLA

“Siempre vence la superior potencia de combate”.
Coronel Depuy¹. (Ejército de los EE.UU.).

Hernán Torres Orhanovic*

El tema tratado en el presente artículo es la formulación de una metodología que surge de la integración de la teoría matemática junto a herramientas utilizadas para la toma de decisiones, con el propósito de establecer una forma que permita determinar la potencia relativa de combate entre fuerzas navales, que potencialmente se pudiesen ver enfrentadas en acciones bélicas como parte del desarrollo de un juego de guerra. El análisis efectuado se fundamenta en la experiencia obtenida por su autor durante la participación en cursos en las Academias de Guerra Naval, Aérea y en los Juegos de Guerra Conjunto.

- Introducción.

Durante el desarrollo de los juegos de guerra los participantes requieren del análisis comparativo de las fuerzas que se enfrentan, es decir, del estudio de la Potencia Relativa de Combate (PRC), consistente en el análisis de las características de las unidades involucradas y del enfrentamiento estático de las capacidades y eficacia estimada de los elementos de combate de la fuerza propia con la del enemigo. Como resultado del estudio se podrá reconocer y determinar las ventajas comparativas existentes que contribuirán a la elaboración de los cursos de acción, o simplemente para disponer de un antecedente más para el proceso de toma de decisiones por parte del Comandante.

Este trabajo de investigación propone un método que permita determinar la potencia relativa de combate entre fuerzas navales, y que potencialmente se pudiesen ver enfrentadas en acciones bélicas como parte del proceso de crisis o guerra durante el desarrollo de un juego de guerra.

El tema bajo análisis ha surgido como consecuencia de la experiencia obtenida durante la participación en los juegos de guerra desarrollados en las Academia de Guerra Naval, Aérea, y en los Juegos de Guerra Conjunto.

El método propuesto surge de la integración de la teoría matemática junto con una herramienta utilizada para la toma de decisiones. La primera de ellas es la aplicación de un modelo matemático denominado “Ley del cuadrado de n^2 ”, y la segunda corresponde a una herramienta diseñada para resolver problemas complejos de criterio múltiple, empleada en el proceso de toma de decisiones conocida como “Proceso de Análisis Jerárquico”³.

La metodología de investigación utilizada para este ensayo fue del tipo no experimental, ya que no se manipularon las variables que lo define, transeccional debido a que se contextualizó al actual proceso de planificación operativa y, finalmente proposicional, por cuanto el propósito es plantear un modelo para determinar la PRC.

* Capitán de Fragata, SM-A. Oficial de Estado Mayor.

1. La comprensión de la Guerra – Historia y Teoría del Combate, pág. 33.

2. Desarrollado por el matemático inglés Frederick William Lanchester.

3. Analytic Hierarchy Process, (AHP) en inglés. Desarrollado por el matemático iraquí Thomas L. Saaty.



Frederich W. Lanchaster

Thomas L. Saaty

La investigación fue de tipo documental, basada en las evidencias obtenidas de la teoría matemática y de la herramienta para el proceso de toma de decisiones, más la experiencia obtenida en el desarrollo de los juegos de guerra.

El trabajo comienza describiendo la problemática del trabajo de Estado Mayor en cuanto a la determinación de la potencia relativa de combate como parte del proceso de planificación operativa, definiéndose los parámetros a comparar. En la segunda parte se desarrolla el marco teórico, describiendo la teoría matemática de la "Ley del cuadrado de n" y la herramienta de toma de decisiones de "Proceso de Análisis Jerárquico". En la tercera parte y final, se propondrá la metodología que permita determinar la Potencia Relativa de Combate, (PRC).

- **Desarrollo.**
- **Antecedentes.**

En la tercera etapa del proceso de planificación operativa, (PO), debe efectuarse lo que se denomina el "Desarrollo del Concepto" cuyo producto final es el CONOPS (Concept of Operations) y que normalmente está basado en el curso de acción, (COA), que mejor resuelve el problema militar planteado.

Sin entrar en detalles sobre el proceso que el Estado Mayor, (EM), debe realizar en esta tercera etapa de la PO, por no ser

parte del ensayo, se requerirá conocer, entre otros antecedentes del análisis de la situación, la Potencia Relativa de Combate de las fuerzas que se enfrentarán⁴. Al respecto, se señala en términos generales, que se debe comparar las capacidades propias versus las del adversario, enfrentando la capacidad ofensiva con la defensiva del adversario, la capacidad defensiva con la ofensiva del adversario y así sucesivamente para cada uno de los factores que se deseen comparar. Más adelante se indica que: "El estudio de la Potencia Relativa de Combate tiene como finalidad facilitar el diseño de los COA y también ayuda a determinar las Posibilidades del Enemigo..."⁵. En la ilustración N° 1 se cita un ejemplo de alguno de los factores a comparar entre las fuerzas.



Ilustración N° 1. "Comparación de factores entre fuerzas navales".

Lo señalado anteriormente define el qué debe realizarse para obtener la PRC, sin embargo no indica el cómo hacerlo, siendo éste el verdadero problema del EM para presentar datos "objetivos" de cuál es la PRC entre las fuerzas para así asesorar con datos duros al Comandante.

Por lo expuesto, la pregunta a resolver será: ¿Cómo comparamos la capacidad ofensiva propia con la defensiva del adversario y viceversa? De igual forma con las otras incógnitas.

4. Párrafo 5.19 Potencia Relativa de Combate, Planificación Operacional - Carilla de Instrucción, ACANAV, pág. 121.
5. Ibidem, pág. 122.

Para el caso que se está analizando, pareciera ser más simple, por ejemplo, cuantificar la capacidad ofensiva por medio de sumar la cantidad y tipo de misiles superficie – superficie y el número de bocas de fuego y su calibre, que porta un buque y compararlos con los del adversario. Sin embargo, pareciera ser más difícil determinar la capacidad defensiva, ya que este factor está determinado no sólo por los sistemas de armas tipo hard y softkill, sino que también por la doctrina de su empleo, entrenamiento, capacidad y medios de control de averías. Aún si se contase con el valor cuantificado de la capacidad defensiva, ¿Cómo se contrasta con el valor de la capacidad ofensiva?, interrogante de difícil respuesta.

- **Marco teórico.**

- **Ley del cuadrado de n.**

El matemático inglés Frederick W. Lanchester en su libro "Aircraft in Warfare", publicado en 1916, consignó la importancia de la trascendencia de la incorporación de la aviación en el carácter de la guerra mediante el análisis cuantitativo basado en la relación de fuerzas, con la finalidad de dar respuestas a las siguientes interrogantes: ¿En qué circunstancias puede una fuerza más reducida derrotar a otra mayor?, ¿Puede asignarse un valor matemático a la concentración de fuego, y si es así, pueden adoptarse las ecuaciones en las cuales aparecen tales valores como sistema para describir lo que sucede y lo que se espera que pueda suceder en cuestiones militares?

Lanchester inicia su estudio analizando el principio de "concentración" de los medios desde la antigüedad hasta nuestros días, llegando a establecer las siguientes ecuaciones:

$$\frac{da}{dt} = -r * c \quad (1)$$

$$\frac{dr}{dt} = -a * k \quad (2)$$

En que a y r corresponden a la fuerza numérica de Azul y Rojo respectivamente; c y k son constantes que representan el valor combativo de las unidades, que para este caso son iguales.

Teniendo en consideración que es muy difícil que ambas fuerzas tengan el mismo valor combativo ya sea, por ejemplo, por la influencia de la eficacia del armamento, era necesario establecer matemáticamente esta diferencia, por lo que se definió la siguiente ecuación:

$$N * r^2 = M * a^2 \quad (3)$$

En que M y N representan el valor combativo de cada una de las respectivas fuerzas; a y r corresponden a la fuerza numérica de Azul y Rojo.

En palabras, la ecuación (3) significa que: *Las potencias combativas de dos ejércitos son iguales cuando los productos de las fuerzas numéricas elevadas al cuadrado, por el valor combativo de cada unidad individual, son iguales entre sí.*

Lanchester también aplicó la *Ley del cuadrado de n* para el caso de una fuerza heterogénea, ya que como se mostró en el análisis anterior, la potencia combativa de una flota está representada o medida por el cuadrado del número de sus unidades multiplicado por su fuerza individual. Sin embargo, esta situación puede no representar la realidad de una fuerza naval que se compone de cruceros, fragatas, destructores, misileras, submarinos, aviación embarcada, etc., por lo que, el valor final de la Capacidad Combativa (CC), de esta fuerza será igual al cuadrado de la suma de las raíces cuadradas del valor combativo de sus unidades individuales. Lo anterior se representa en la ecuación (4), en que U identifica al valor combativo de cada uno de los tipos de plataformas que conforman la fuerza naval heterogénea⁶.

$$CC = (\sqrt[2]{U1} + \sqrt[2]{U2} + \dots + \sqrt[2]{Un})^2 \quad (4)$$

6. El valor combativo de cada tipo de plataforma debe ser multiplicado por la cantidad de unidades del tipo existentes en el inventario naval de cada una de las fuerzas.

➤ **Proceso de Análisis Jerárquico, (AHP).**

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente que decide pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción del modelo jerárquico que contiene tres niveles: Meta u objetivo, Criterios⁷ y Alternativas.

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios, subcriterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas.

El fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende.

Para estas comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por el mismo Saaty, que va desde 1 hasta 9.

• **¿En qué consiste el AHP?**

El AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla para analizarla por partes y visualizar los efectos de cambios en los diferentes niveles.

Los principales axiomas del AHP son:

Axioma	Descripción
Condición de juicios recíprocos	La importancia de la variable "I" sobre "J" es inversamente proporcional a la importancia de la variable "J" sobre "I".
Homogeneidad de los elementos	Las variables que se comparan son del mismo orden de magnitud.

Ilustración N° 2. "Principales axiomas del AHP".

Lo más importante del AHP consiste en la estructuración de la jerarquía del problema, etapa en la cual el grupo involucrado debe lograr desglosar el problema en sus componentes relevantes.

La jerarquía básica está conformada por: Objetivo general, criterios y alternativas.

Los pasos a seguir para la estructuración del modelo jerárquico son:

- Identificación del problema.
- Definición del objetivo.
- Identificación de criterios.
- Identificación de alternativas.

Para determinar el orden de mérito y el peso de las variables que definen la PRC se valorizan cada una de ellas de acuerdo a la escala verbal con su respectiva explicación, indicada en la tabla N° 1 "Escala de evaluación de Saaty".

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Ambos elementos son de igual importancia.	Ambos elementos contribuyen con la propiedad en igual forma.
3	Moderada importancia de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio favorece a un elemento por sobre el otro.
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy fuertemente dominante.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
Incrementos de 0,1	Valores intermedios en la graduación más fina de 0,1 (Por ejemplo 5,2 es una entrada válida).	Usados para graduaciones más finas de los juicios.

Tabla N° 1 "Escala de evaluación de Saaty".

• **Método propuesto.**

Para resolver el problema de ¿cómo comparar la capacidad ofensiva propia con la defensiva del adversario y viceversa?, de igual forma con las otras variables, se propone el siguiente procedimiento:

7. También puede considerarse la incorporación de subcriterios si se hace necesario.

➤ **Paso 1:**

Se debe identificar el problema a resolver, así como también el objetivo, los criterios y las alternativas que definen el problema, tal como lo establece la metodología del AHP.

Para determinar la PRC de dos fuerzas navales, no es necesario la búsqueda de las "alternativas" por cuanto lo que interesa es establecer el orden de mérito y el peso de los factores que intervienen en la PRC de una fuerza, siendo ésta la aplicación que se le dará a la herramienta de toma de decisiones en el presente trabajo de investigación. A su vez las alternativas corresponden a cada una de las unidades que componen las fuerzas navales azules y rojas respectivamente.

De acuerdo al problema a resolver, el modelo jerárquico que se definió es el que se indica en la ilustración N° 3, en la que lo indicado en las celdas de color blanco son los criterios, las celdas verdes son los subcriterios, las azules son los sub subcriterios y las de color naranja corresponden a las alternativas, que para este caso son las unidades que integran las respectivas fuerzas navales bajo comparación.



Ilustración N° 3. "Modelo jerárquico del problema a resolver".

➤ **Paso 2:**

Se debe confeccionar la base de datos de las unidades y medios aeronavales que serán comparados, utilizando como ejemplo, lo realizado en el anexo "A". Esta base de datos es absolutamente flexible y puede ampliarse tanto

como el analista lo desee y disponga de la información. De no estar disponible los antecedentes, permite establecer elementos esenciales de información, EEI.

➤ **Paso 3:**

Consiste en determinar el orden de mérito relativo de cada uno de los sistemas bajo análisis mediante el concepto de "valor normalizado". Lo anterior permite definir qué peso tiene cada uno de ellos, respecto del total de los sistemas que están siendo comparados.

Para ilustrar lo anterior, se ejemplificará analizando los años de servicio de las unidades.

	Fragata Alfa	Fragata Bravo	Fragata Charlie	Fragata Delta	Fragata Eco	Fragata Foxtrot	Norm.
Años Servicio	18	15	22	21	24	18	118
	0,1525	0,1271	0,1864	0,1779	0,2034	0,1525	1,0

Representa el "peso relativo" de los años de servicio de la fragata "Alfa" respecto de la totalidad de las unidades bajo comparación. Se calcula dividiendo la cifra de los años de servicio de cada una de las unidades por la sumatoria de las 6 fragatas. (18/118).

Suma de los años de servicio de las 6 fragatas.

Tabla N° 2. "Cálculo del valor normalizado".

De acuerdo a los valores obtenidos, el orden de mérito, de más a menos es: Fragata Bravo, Alfa, Foxtrot, Delta, Charlie y Eco.

Este procedimiento de cálculo del valor normalizado se realiza para cada uno de los factores bajo comparación, determinando así el respectivo orden de mérito de las variables comparadas.

Con esta metodología, lo que se está haciendo es comparar los sistemas con sus pares, es decir, capacidad ofensiva propia v/s capacidad ofensiva adversaria, lo que resulta más simple de realizar que efectuando la comparación entre capacidad ofensiva v/s capacidad defensiva. Adicionalmente se basa en un método matemático, lo que permite obtener datos objetivos para el análisis que se requiere hacer.

En la tabla N° 3 se indican los valores parciales obtenidos mediante el proceso de comparación entre pares de los criterios de cada una de las unidades, obteniendo la fragata Delta la más alta evaluación.

Factor	Fragata Alfa	Fragata Bravo	Fragata Charlie	Fragata Delta	Fragata Eco	Fragata Foxtrot
Capacidad ofensiva	1,304	1,232	1,187	2,225	1,251	1,138
Entrenamiento	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Mando y Control	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Movilidad	0,265	0,156	0,163	0,143	0,143	0,129
ASW	0,592	0,634	0,634	0,295	0,423	0,423
Aviación embarcada	0,200	0,200	0,000	0,200	0,200	0,200
Capacidad defensiva	0,087	0,042	0,042	0,125	0,150	0,042
Subtotal	4,449	4,263	4,026	4,988	4,166	3,931

Tabla N° 3. "Resultado parcial de comparación de buques".

Para el caso específico de Mando y Control y Entrenamiento, éstos fueron valorizados en una escala de 0 a 1, no empleándose el criterio de valor normalizado por ser factores difíciles de cuantificar, pero que sí deben ser considerados en el análisis de la capacidad combativa de las fuerzas.

El proceso podría terminar aquí, ya que se dispone del valor combativo de cada una de las unidades, y por lo tanto, de las fuerzas bajo comparación. Sin embargo, para poder contar con un análisis más preciso, se hace necesario determinar la importancia relativa que tienen los criterios y subcriterios entre ellos, por ejemplo: ¿Cuál es la "importancia o el peso" de la capacidad ofensiva respecto de la capacidad defensiva, de la movilidad, del entrenamiento, de la guerra A/S, del Sistema de Mando y Control, etc.? Para ello se debe cumplir con el procedimiento detallando en el paso 4.

Tabla N° 4. "Matriz de comparación pareada".

Ponderación de Criterios							
	CO	M	E	MyC	ASW	Av	CD
CO	1	4	6	3	3	3	1
M	1/4	1	3	1/5	1/2	5	1/4
E	1/6	1/3	1	1/3	1/3	1/2	1/4
MyC	1/3	5	3	1	2	5	1/3
ASW	1/3	2	3	1/2	1	1/3	1
Av	1/3	1/5	2	1/5	3	1	1
CD	1	4	4	3	1	1	1
7	3,4167	16,5333	22,0000	8,2333	10,8333	15,8333	4,8333

a.- Suma de cada una de las columnas.

b.- Se obtiene de dividir el valor de cada una de las celdas por la suma de cada columna.
 $(0,2927 = 1/3,4167)$

c.- Promedio del valor de las celdas entre CO a CD.
 $[0,2636 = (0,2927 + 0,2419 + 0,2727 + 0,3644 + 0,2769 + 0,1895 + 0,2069)/7]$

Matriz de comparación pareada normalizada								Vector prioridad del criterio (P)
	CO	M	E	MyC	ASW	Av	CD	
CO	0,2927	0,2419	0,2727	0,3644	0,2769	0,1895	0,2069	0,2636
M	0,0732	0,0605	0,1364	0,0243	0,0462	0,3158	0,0517	0,1011
E	0,0488	0,0202	0,0455	0,0405	0,0308	0,0316	0,0517	0,0384
MyC	0,0976	0,3024	0,1364	0,1215	0,1846	0,3158	0,0690	0,1753
ASW	0,0976	0,1210	0,1364	0,0607	0,0923	0,0211	0,2069	0,1051
Av	0,0976	0,0121	0,0909	0,0243	0,2769	0,0632	0,2069	0,1103
CD	0,2927	0,2419	0,1818	0,3644	0,0923	0,0632	0,2069	0,2062
								1,0000

Tabla N° 5. "Matriz de comparación pareada normalizada".

➤ **Paso 4:**

Para obtener el orden de mérito de los criterios y subcriterios se hace uso del AHP, método que permite determinar el peso relativo de cada uno de ellos. Lo anterior se realiza de acuerdo a lo indicado en el marco teórico en el que se pregunta cuál es la importancia de la variable "i" sobre la variable "j". Lo anterior con la finalidad de determinar el valor del "Vector prioridad de criterio, P" de cada una de las variables. En la tabla N° 4 se indica la valorización que se le dio a los criterios. Los datos en amarillo corresponden a los valores asignados. Los valores ubicados sobre la diagonal son los recíprocos de los anteriores.

Por medio del uso de una planilla de cálculo se obtiene la matriz de comparaciones pareadas normalizada mediante la siguiente operación matemática.

- Sumar los valores de cada columna de la matriz de comparaciones pareadas. Ver tabla N° 4.
- Dividir cada elemento de la matriz entre el total de su columna, obteniéndose una nueva matriz denominada "Matriz de comparaciones pareadas normalizada". Ver tabla N° 5.
- Calcular el promedio de los elementos de cada fila de los criterios que se comparan, obteniéndose el vector prioridad del criterio respecto del total de los elementos que se están analizando.
- Se debe efectuar el mismo procedimiento para determinar el vector prioridad de los subcriterios, cálculos que

Criterio	Vector prioridad (P)	Subcriterio (1)	Subcriterio (2)
Capacidad Ofensiva	0,2636	0,8750 (SSM)	0,1250 (Art.)
Movilidad	0,1011	0,1667 (Velocidad)	0,8333 (Autonomía)
Entrenamiento	0,0384		
Mando y Control	0,1753		
Guerra A/S	0,1051		
Aviación embarcada	0,1103		
Capacidad Defensiva	0,2062	0,7500 (Hardkill)	0,2500 (Softkill)

Tabla N° 6. "Cuadro resumen vector prioridad de criterios y subcriterios".

se detallan en el Anexo "B" adjunto, y que se resumen en la tabla N° 6. Los subcriterios corresponden a los parámetros de misiles superficie-superficie, artillería, velocidad máxima, autonomía, hard y softkill.

El vector prioridad de los criterios y subcriterios se aplica, multiplicándolo, sobre el valor del orden de mérito obtenido de la comparación entre las unidades realizadas en el Paso 3, obteniéndose la potencia de combate de cada una de las unidades de las fuerzas. Ver tabla N° 7.

Factor	Fragata Alfa	Fragata Bravo	Fragata Charlie	Fragata Delta	Fragata Eco	Fragata Foxtrot	(P)
Capacidad ofensiva	1,304	1,232	1,187	2,225	1,251	1,138	0,264
Entrenamiento	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,101
Mando y Control	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,038
Movilidad	0,265	0,156	0,163	0,143	0,143	0,129	0,175
ASW	0,592	0,634	0,634	0,295	0,423	0,423	0,105
Aviación embarcada	0,200	0,200	0,000	0,200	0,200	0,200	0,110
Capacidad defensiva	0,087	0,042	0,042	0,125	0,150	0,042	0,206
Subtotal	4,449	4,263	4,026	4,988	4,166	3,931	

Tabla N° 7. "Cuadro resumen potencia relativa de combate de las unidades".

La cifra de 0,344 se obtiene de la multiplicación del vector prioridad, (P), por el valor normalizado de la capacidad ofensiva de la fragata Alfa. $(0,344=1,304*0,264)$. Ver tabla 8.

Factor	Fragata Alfa	Fragata Bravo	Fragata Charlie	Fragata Delta	Fragata Eco	Fragata Foxtrot
Capacidad ofensiva	0,344	0,325	0,313	0,586	0,330	0,300
Entrenamiento	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Mando y Control	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
Movilidad	0,047	0,027	0,029	0,025	0,025	0,023
ASW	0,062	0,067	0,067	0,031	0,044	0,044
Aviación embarcada	0,022	0,022	0,000	0,022	0,022	0,022
Capacidad defensiva	0,018	0,009	0,009	0,026	0,031	0,009
Subtotal	0,632	0,589	0,556	0,830	0,592	0,537

Tabla N° 8. "Cuadro resumen potencia relativa final de combate de las unidades".

Finalmente el valor resultante de cada una de las unidades es el valor de entrada para las ecuaciones (2), (3) ó (4),

el que junto con la cantidad de plataformas que poseen las respectivas fuerzas, permite obtener las cifras indicadas en la tabla N° 9.

	Fragata Alfa	Fragata Bravo	Fragata Charlie	Fragata Delta	Fragata Eco	Fragata Foxtrot
Fuerza Azul	6		2		3	
Fuerza Roja		5		6		1
Total Azul	3,792		1,113		1,775	
Total Roja		2,944		4,980		0,5371
PRC lineal	Valor					
PRC (Lineal)	6,68	PRC = 1:1,267				
PRC (Lineal)	8,46					
PRC ley cuadrado n						
PRC (Ecuación 3)	30,30	PRC = 1:1,49				
PRC (Ecuación 3)	45,14					
PRC ley cuadrado n						
PRC (Ecuación 4)	18,79	PRC = 1:1,166				
PRC (Ecuación 4)	21,91					
Cómputo de fuerzas	Cant.					
Fuerza Azul	11	C. Fzas. = 1:1,091				
Fuerza Roja	12					

Tabla N° 9 "Potencia relativa de combate Azul v/s Rojo".

Para este ejemplo, el cómputo de fuerzas es de 1:1,091 y el valor de la Potencia Relativa de Combate es de 1:1,116, en donde 1 corresponde al valor de la fuerza propia y 1,116 a la del adversario.

El cálculo fue efectuado empleándose la ecuación (4) por ser la ecuación que representa el valor combativo de una fuerza naval heterogénea. Para el caso del ejemplo en estudio, el resultado que se obtiene haciendo uso de la ecuación lineal no difiere significativamente del primero (0,101), no así, si es que se hace uso de la ecuación (3) de la ley del cuadrado de n en donde hay una diferencia de 0,324 entre el resultado de ambas ecuaciones.

- Conclusiones.

- La metodología desarrollada permite calcular la potencia relativa de combate de una fuerza naval en forma simple y en base a un criterio matemático, con lo que se obtiene un dato objetivo que contribuye al trabajo de asesoría de las funciones de operaciones e inteligencia de un Estado Mayor en el proceso de planificación.

- La base de datos a emplear para efectuar la comparación de las unidades puede ser desde la más básica hasta una muy específica y en detalle, en la medida que se disponga de la información técnica de los sistemas que componen a un buque, de la forma en que se emplean operacionalmente los medios y del nivel de mantenimiento de cada uno de los sistemas, armas, equipos y piezas analizadas de las unidades. Adicionalmente permite la incorporación de variables tales como "factor humano" y "nivel de entrenamiento" de cada una de las fuerza bajo análisis.
- Como todos los procesos de la planificación operativa, éste también es dinámico y permite ir variando la importancia relativa de los criterios y subcriterios en la medida que el desarrollo de los acontecimientos lo haga aconsejable. Así por ejemplo, la importancia de la variable "movilidad" de una fuerza podrá ser modificada de acuerdo al escenario geográfico en que se empleen las unidades como por ejemplo aguas restringidas versus oceánicas.
- Tal como se mencionó en los antecedentes, con la aplicación de la presente metodología, se entrega una herramienta de base matemática que contribuye a la formulación de los cursos de acción, COA, y las posibilidades del enemigo, PE, en base a las conclusiones que se obtengan de las capacidades y debilidades, tanto propias como del adversario.
- Herramienta de análisis matemático y, por lo tanto, objetivo, que puede ser empleada como elemento para la formulación del desarrollo de una fuerza.
- Para identificar y definir los criterios y subcriterios que definen el problema, así como cuantificar el "vector prioridad" de cada uno de ellos, es recomendable realizar el trabajo en forma grupal, ya que así se permitirá lograr una descomposición más objetiva del problema a resolver.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- "Planificación Operacional – Cartilla de Instrucción", Academia de Guerra Naval, Valparaíso, 2006.
- 2.- DUPUY, Trevor, "La comprensión de la Guerra - Historia y Teoría del Combate", Colección Ediciones Ejército, Servicio de Publicaciones del E.M.E., Madrid, 1990.
- 3.- Jane´s All the world´s aircrafts 2008 – 2009, Edición 99, 2008.
- 4.- Jane´s Fighting Ships 2008 – 2009, Edición 111, 2008.
- 5.- KRAUSHAAR Heyermann Helmut, Mayor de Ejército, "Proposición de un Manual Técnico de cómputo de potenciales para un Comando Conjunto", Memoria para optar al título de Oficial de Estado Mayor, ACAGUE, Santiago, 2004.
- 6.- NEWMAN, James R, "Sigma, El Mundo de las Matemáticas N° 6", Ediciones Grijalbo, S.A., Barcelona, 1969.

Anexo "A" Base de datos de las unidades de superficie.

Parámetro		Atributo						
	Tipo de buque	Nombre	Fragata Alfa	Fragata Bravo	Fragata Charlie	Fragata Delta	Fragata Eco	Fragata Foxtrot
	Clase	Nombre						
MOVILIDAD	Año comisionamiento	aaaa	1.990	1.993	1.986	1.987	1.984	1.990
	Desplazamiento	Tons	4.200	3.320	3.750	4.800	3.630	1.850
	Radio de acción. R.A.	Mn.	7.800	5.000	4.700	4.500	4.500	4.000
	Velocidad de R.A.	Nds.	15	18	16	18	18	18
	Velocidad máxima	Nds.	28	30	30	30	30	28
SSM	Tipo	Nombre	Harpoon B2	Harpoon B2	Harpoon B2	Otomat	Exocet MM 40	Exocet MM 38
	Guiado	Nombre	Radar Activo	Radar Activo	Radar Activo	In./Radar	In./Radar	In./Radar
	Alcance	Mn.	70	70	70	91,2	40	22,5
	Capacidad OTHT	Binario				1		
	Velocidad	Match	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9
	Cantidad misiles	Nr	8	4	4	8	8	4
Art. Ppal.	Calibre	mm	114	76		127	127	76
	Alcance superficie	Mn.	14,8	10,8		8,7	12,4	10,8
	Cadencia de fuego	Tir/Min	25	100		45	45	85
	Nro. de cañones	Nr	1	1		1	1	1
Art. Sec.	Calibre	mm	30			40	40	40
	Alcance tiro superficie	Mn.	5,4			6,8	6,8	6,8
	Cadencia de fuego	Tir/Min	650			300	300	300
	Cant. de cañones	Nr	1			4	8	4
SAM	Misil Sup.-Aire	Nombre	Seawolf	Sea Sparrow	Standard	Sea Sparrow	Aspide	
	Modelo	Nombre		RIM 7M/P	SM-1MR BI IV	RIM 7M		
	Modo guiado	Nombre	CLOS	Semiactivo	Semiactivo	Semiactivo	Semiactivo	
	Alcance	Mn.	3,3	8,5	25	8,5	7	
	Altitud máxima	mts.	5.000	8.500	19.800	8.500	6.000	
	Velocidad	Match	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	
	Cantidad misiles	Nr	32	16	40	8	8	
	Misil Sup.-Aire	Nombre			Sea Sparrow			
	Modelo	Nombre			RIM 7M/P			
	Modo guiado	Nombre			Semiactivo			
	Alcance	Mn.		8,5				
	Altitud máxima	mts.		8.500				
	Velocidad	Match		2,5				
	Cantidad misiles	Nr		24				
ASW	Torpedo A/S	Nombre	Stingray	MK-46 mod 5	MK-46 mod 5	Mk-44	A-244	A-244
	Alcance	Mn.	6	5	5	2,7	3,8	3,8
	Velocidad	Nds.	45	45	45	30	33	33
	Máx. profundidad operación	mts.	750	1.100	1.100	275	600	600
Av.	Cubierta de vuelo	Binario	1	1	0	1	1	1

Anexo "B" Matrices de comparaciones pareadas de subcriterios.

<table border="1"> <tr><th colspan="3">Ponderación de Criterio</th></tr> <tr><th>Mis.</th><th>Art.</th><th></th></tr> <tr><td>Mis.</td><td>1</td><td>7</td></tr> <tr><td>Art.</td><td>1/7</td><td>1</td></tr> <tr><td>Cant.</td><td>1.143</td><td>8.000</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio			Mis.	Art.		Mis.	1	7	Art.	1/7	1	Cant.	1.143	8.000	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Ponderación de Criterio</th></tr> <tr><th>Mis. Max.</th><th>Automa.</th><th></th></tr> <tr><td>Mis. Max.</td><td>1</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>Automa.</td><td>0,600</td><td>1</td></tr> <tr><td>Cant.</td><td>6.000</td><td>1.200</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio			Mis. Max.	Automa.		Mis. Max.	1	1,6	Automa.	0,600	1	Cant.	6.000	1.200	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Ponderación de Criterio</th></tr> <tr><th>Harok.</th><th>SoftK.</th><th></th></tr> <tr><td>Harok.</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>SoftK.</td><td>1/3</td><td>1</td></tr> <tr><td>Cant.</td><td>1.333</td><td>4.000</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio			Harok.	SoftK.		Harok.	1	3	SoftK.	1/3	1	Cant.	1.333	4.000	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Ponderación de Criterio</th></tr> <tr><th>Art. Sec.</th><th>Misiles A/A</th><th></th></tr> <tr><td>Art. Sec.</td><td>1</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>Misiles A/A</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>Cant.</td><td>9.000</td><td>1.325</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio			Art. Sec.	Misiles A/A		Art. Sec.	1	1,6	Misiles A/A	0	1	Cant.	9.000	1.325
Ponderación de Criterio																																																															
Mis.	Art.																																																														
Mis.	1	7																																																													
Art.	1/7	1																																																													
Cant.	1.143	8.000																																																													
Ponderación de Criterio																																																															
Mis. Max.	Automa.																																																														
Mis. Max.	1	1,6																																																													
Automa.	0,600	1																																																													
Cant.	6.000	1.200																																																													
Ponderación de Criterio																																																															
Harok.	SoftK.																																																														
Harok.	1	3																																																													
SoftK.	1/3	1																																																													
Cant.	1.333	4.000																																																													
Ponderación de Criterio																																																															
Art. Sec.	Misiles A/A																																																														
Art. Sec.	1	1,6																																																													
Misiles A/A	0	1																																																													
Cant.	9.000	1.325																																																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">Ponderación de Criterio</th><th>Vector prioridad de criterio (P)</th></tr> <tr><th>Mis.</th><th>Art.</th><th>(P)</th></tr> <tr><td>Mis.</td><td>0,875</td><td>0,875</td></tr> <tr><td>Art.</td><td>0,125</td><td>0,125</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1,000</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)	Mis.	Art.	(P)	Mis.	0,875	0,875	Art.	0,125	0,125			1,000	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Ponderación de Criterio</th><th>Vector prioridad de criterio (P)</th></tr> <tr><th>Mis. Max.</th><th>Automa.</th><th>(P)</th></tr> <tr><td>Mis. Max.</td><td>0,167</td><td>0,167</td></tr> <tr><td>Automa.</td><td>0,833</td><td>0,833</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1,000</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)	Mis. Max.	Automa.	(P)	Mis. Max.	0,167	0,167	Automa.	0,833	0,833			1,000	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Ponderación de Criterio</th><th>Vector prioridad de criterio (P)</th></tr> <tr><th>Harok.</th><th>SoftK.</th><th>(P)</th></tr> <tr><td>Harok.</td><td>0,750</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>SoftK.</td><td>0,250</td><td>0,250</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1,000</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)	Harok.	SoftK.	(P)	Harok.	0,750	0,750	SoftK.	0,250	0,250			1,000	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Ponderación de Criterio</th><th>Vector prioridad de criterio (P)</th></tr> <tr><th>Art. Sec.</th><th>Misiles A/A</th><th>(P)</th></tr> <tr><td>Art. Sec.</td><td>0,111</td><td>0,111</td></tr> <tr><td>Misiles A/A</td><td>0,889</td><td>0,889</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1,000</td></tr> </table>	Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)	Art. Sec.	Misiles A/A	(P)	Art. Sec.	0,111	0,111	Misiles A/A	0,889	0,889			1,000
Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)																																																													
Mis.	Art.	(P)																																																													
Mis.	0,875	0,875																																																													
Art.	0,125	0,125																																																													
		1,000																																																													
Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)																																																													
Mis. Max.	Automa.	(P)																																																													
Mis. Max.	0,167	0,167																																																													
Automa.	0,833	0,833																																																													
		1,000																																																													
Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)																																																													
Harok.	SoftK.	(P)																																																													
Harok.	0,750	0,750																																																													
SoftK.	0,250	0,250																																																													
		1,000																																																													
Ponderación de Criterio		Vector prioridad de criterio (P)																																																													
Art. Sec.	Misiles A/A	(P)																																																													
Art. Sec.	0,111	0,111																																																													
Misiles A/A	0,889	0,889																																																													
		1,000																																																													