

ESTUDIO DE EVACUACIÓN EN BUQUES CON INFANTERÍA DE MARINA

Study of evacuation in vessels with marine infantry

José María Riola Rodríguez ¹
Heitor Martínez Grueira²

Recibido:07/05/2018

Aceptado: 13/08/2018

Resumen

A la hora de velar por el análisis y modelado de un proceso real que afecte a un contingente determinado, inicialmente resultará imprescindible comprender el fenómeno en sí, para posteriormente identificar qué variables intervienen realmente y por último, acometer su parametrización y modelado. En este artículo se presenta la metodología basada en el diseño estadístico de experimentos (DEE), con la que se ha llevado a cabo un estudio de evacuación para una dotación embarcada en el buque de estudio designado, al objeto de lograr identificar pormenorizadamente qué variables influyen en el proceso y cómo podría modelarse el movimiento de esta dotación, en función de dichas variables.

Palabras clave: evacuación, buques, infantería marina, metodología DEE, Organización Marítima Internacional.

Abstract

When it comes to ensuring the analysis and modeling of a real process affecting a given contingent, it will initially be essential to understanding the phenomenon itself, to subsequently identify which variables actually intervene and, finally, to undertake its parameterization and modeling. This article presents the methodology based on the DEE, methodology with which an evacuation study has been carried out for a crew on board the designated research vessel, in order to identify in detail which variables influence the process and how the movement of this crew could be modeled, based on these variables.

Keywords: evacuation, vessels, Marine Infantry, DEE methodology, International Maritime Organization.

¹Ph.D Arquitecto Naval, Universidad Politécnica Madrid - josemaria.riola@upm.es

²Ingeniero Informático, Armada España.

Introducción

El 27 de abril de 2017, el buque de guerra ruso de reconocimiento “Liman” de la flota del Mar Negro, que posiblemente podría estar siguiendo el ejercicio Sea Shield de la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte), colisionó en medio de la niebla, a unas 25 millas al noroeste del estrecho turco del Bósforo, con el barco de carga de ganado y bandera de Togo “Youzarsif H”, lo que provocó una importante vía de agua al buque ruso. Oficialmente no hubo informes de bajas, aunque en algunos periódicos (Seanews International Shipping Magazine, s.f.) se menciona la cantidad de 15, finalmente el buque se hundió en poco más de dos horas, resaltando la actualidad del tema de la crítica evacuación de los 78 miembros de la dotación rusa.



*Figura 1. Buque ruso “Liman”.
Fuente: Independent.*

Sin duda, la propia función de los buques de guerra, los expone a riesgos mayores y a unas más estrictas normativas de construcción que los buques mercantes cuya seguridad se basa en el cumplimiento de las distintas regulaciones de la IMO (International Maritime Organization), fundamentalmente los convenios internacionales SOLAS (SOLAS, 2009) y MARPOL (2011). Un ejemplo de ello son las mayores restricciones de reserva de estabilidad que necesitan cumplir los buques de guerra, al utilizar la normativa militar americana (DDS-079, 1975), más que sus equivalentes mercantes bajo el SOLAS.

Por todo ello y aunque los buques de guerra están exentos de los cumplimiento de las normas IMO; los países miembros de la OTAN y las principales Sociedades

de Clasificación, a través de la Naval Ship Classification Association, crearon unos grupos de trabajo para elaborar los distintos capítulos del NSC. ANEP-77, que ha pasado a denominarse ANEP-77 (Allied Naval Engineering Publication. OTAN), en la terminología aliada. Como novedad, se incluye en su capítulo VII “Escape, Evacuación y Rescate”, donde se recogen los criterios de diseño a cumplir para un proceso seguro de abandono del buque de guerra. Precisamente, este capítulo fue el primero del nuevo código en publicarse como llamada de atención hacia esta temática.

Desde un punto de vista tecnológico, resulta muy atractivo el estudio de parametrización y configuración de un sistema, que disponga de las características propias de una dotación de la Armada, a partir del que desarrollar un modelo matemático validado que permita diseñar, optimizar y simular, una situación de emergencia previamente definida. Para lograr la correcta parametrización de las características o factores implicados, así como para garantizar el desarrollo de un estudio lo suficientemente representativo, se justifica la necesidad de recurrir al diseño de una gama de ensayos, que permitan inferir el suficiente conocimiento como para concluir, validar y resolver la problemática planteada.

La problemática fue acometida inicialmente en un proyecto de investigación dirigido por el GIMOE (Gabinete de Investigación Militar Operativa y Estadística), dadas sus capacidades y su labor investigadora. Este proyecto se inició con el diseño de una gama de ensayos diversos y el posterior análisis de los datos recopilados, al objeto de disponer de un repositorio de datos con el que tratar la configuración de la herramienta de simulación maritime EXODUS (Universidad de Greenwich (R.U.), Facultad de Arquitectura, computación y humanidades) incluida en la normativa MSC_Circ_1238 y recomendada por la ANEPP-77, la cual validaría un modelo de evacuación desarrollado para una dotación que procediese a abandonar un buque en servicio o en proyecto de construcción.

Tras el desarrollo del modelo de evacuación, se concluyó un patrón y unas directrices procedimentales que determinan unas rutas óptimas de evacuación del buque de estudio, de acuerdo con una gama de averías perfectamente definidas y de su correspondiente probabilidad de ocurrencia. Así mismo, el empleo de una herramienta de simulación, posibilitaba la identificación de los posibles cuellos de botella que podrían ocasionarse ante la afluencia masiva de miembros de la dotación, en determinadas ubicaciones del buque y al mismo tiempo, validar o invalidar un modelo definido.

Planteamiento

Todos los ensayos, análisis y procesos disertados, fueron diseñados y dirigidos en su momento, únicamente a dotaciones propias de un buque, por cuanto y en cumplimiento del capítulo VII de la ANEP-77, tendría que desarrollarse un nuevo estudio equivalente, dirigido al diseño de un procedimiento de evacuación para dotaciones embarcadas en un buque militar. Independientemente de la naturaleza, funcionalidad

o características específicas de las dotaciones embarcadas, este artículo se centra en el estudio de contingentes de Infantería de Marina, embarcados en buque anfibios y que por su volumen pasan a constituir la dotación más numerosa y debido a ello, más relevante.

A pesar de que estos contingentes están constituidos por personal militar debidamente adiestrado, las dotaciones embarcadas no disponen del mismo nivel de preparación, conocimiento del entorno, experiencia o capacidad de respuesta, que el que dispensa una dotación propia, a la hora de afrontar una avería de cierta entidad. Aunque esta misma dotación embarcada adolezca de las mencionadas aptitudes, tampoco debe cometerse el error de considerar a los contingentes embarcados, como si de una dotación de pasaje en un buque civil se tratase, puesto que disponen de un adiestramiento básico y del conocimiento suficiente en cuanto al entorno del buque, como para afrontar con éxito un proceso de abandono o evacuación de buque. Al igual que la dotación propia de un buque de guerra, su dotación embarcada puede ser modelada en función de determinadas características o factores parametrizados, los cuales delimitarán el desplazamiento de un individuo a lo largo de la estructura del buque de estudio. La parametrización de estos factores podría ceñirse a unas determinadas características como pueden ser la edad, sexo, amplitud de los corredores, restricciones de visibilidad producidas por una avería determinada o incluso por unas condiciones atmosféricas claramente adversas.

En este artículo describe la aplicación de la metodología del DEE, con la finalidad de analizar las características propias de una dotación embarcada, a partir de los datos recopilados, fruto de los ensayos diseñados a tal efecto y apoyados así mismo, por las imágenes captadas, las encuestas realizadas y la entrevistas mantenidas durante la comisión realizada. Por otros derroteros, se tratará de inferir el conocimiento suficiente para acometer el modelado del desplazamiento de la población de estudio, importándose para ello las conclusiones ya publicadas (Martínez, 2017), donde se disertan los pormenores de las características o factores que realmente intervienen en este estudio en particular. Definido el punto de partida, restará únicamente evaluar los efectos y la contribución básica de los factores intervinientes, para sentar las bases del modelo de desplazamiento.

Para poder acometer este proyecto, se planificó una comisión para adquirir los datos suficientes, como para acometer un análisis a la medida esta metodología. Para ello se procedió al diseño de una gama de ensayos, que serían ejecutados durante las maniobras MARFIBEX 72, que tuvieron lugar en la bahía de Cádiz a bordo del buque de asalto anfibio (L-51) “Galicia”.



*Figura 2. . BAA (L-51) "Galicia".
Fuente: Armada España*

Con la intención adoptar unos datos que se ajustasen a las características implícitas del desplazamiento de los miembros de una dotación embarcada en un buque como el de estudio, se incluyeron en el diseño de los ensayos diversos obstáculos presentes en las rutas de evacuación asignadas, tales como escotillas, puertas estanca, escalas, entre otras.

Metodología DEE

Esta metodología desarrollada por la industria automovilística japonesa de los años ochenta (Martínez, 2018), (Montgomery, 2009), (Montgomery & Runger, 2011) , hace posible identificar qué factores realmente influyen y el grado con el que lo hacen, con una gama de experimentos diseñados a tal efecto. Por cuanto esta metodología permite tratar la gestión de consecuencias adversas, mitigando o caso de ser posible, neutralizando las causas que las inducen. De acuerdo con esta metodología basada en un diseño multifactorial [nf], donde el número de ensayos totales resultará del número de niveles de significación (n) definido y que en nuestro estudio será de (n=2); elevado al número de factores (f) designados [2f]. Que con las conclusiones aportadas por el estudio previo referenciado (Martínez, 2018), se procede a enumerar los tres factores que influyen y sustentan a la problemática planteada:

1. Índice de Masa Corporal (IMC, kg/m²), siendo este el factor de mayor influencia.
2. Edad (años), siguiente factor en grado de influencia en el.
3. Antigüedad (años), tercer factor interviniente en el estudio e igualmente por su grado de influencia que presenta en el trabajo.

Como razón de las conclusiones incluidas, el diseño queda finalmente estructurado en base a tres factores enumerados, para los que habiéndose designado dos (2) niveles de significación; finalmente el DEE quedaría constituido por ocho ($2^3=8$) experimentos. De acuerdo con los factores enumerados y la determinación del número de niveles de significación establecido para ellos, se construye el siguiente cuadro donde se recogen sus correspondientes umbrales de significación:

Tabla 1.
Enumeración de factores y niveles correspondientes.

Factor	Nivel Alto	Nivel Bajo
IMC: (kg/m ²)	Superior a la media	Inferior a la media
Edad (años)	Superior a la media	Inferior a la media
Antigüedad (años embarcado)	Superior a la media	Inferior a la media

Fuente: Propia.

Para constituir el cuadro anterior, se presta indispensable la realización de una encuesta previa a la población de estudio, al objeto de obtener los imprescindibles datos con los que calcular los umbrales de significación estimados (medias poblacionales). Dicho esto, se procedió a diseñar una encuesta dirigida a la dotación embarcada, constituida por una serie de campos en los que se requerían ciertos datos de carácter individual y de temática antropométrica y profesional. Tomando como referencia que las dotaciones embarcadas en buques anfibios, están constituidas normalmente por un batallón reforzado de IM procedente del Tercio de Armada en San Fernando de Cádiz y con objeto de garantizar la representatividad de las muestras constituidas. Significa que el subconjunto constituido por la población embarcada, replica la distribución estratificada poblacional como consecuencia de su estructura jerárquica y además se considera, que la elección de miembros embarcados serán equiprobables dentro de una misma categoría.

Tabla 2.
Ratios distribución efectivos del TEAR.

Sexo	Hombres			Mujeres			Totales		
	Edad Media (μ)	Núm	%	Edad Media (μ)	Núm	%	Edad Media (μ)	Núm	%
Teniente Coronel	49,11	9	0,075				49,11	9	0,073

Tabla continua...

Sexo	Hombres			Mujeres			Totales		
Comandante	44,89	18	0,150				44,89	18	0,145
Capitán	37,75	53	0,442	38,00	3	0,750	37,77	56	0,452
Teniente	28,53	40	0,333	26,00	1	0,250	28,46	41	0,331
Oficiales	40,07	120		32,00	4		40,06	124	0,055
Suboficial Mayor	57,00	3	0,012				57,00	3	0,011
Subteniente	55,26	43	0,165				55,26	43	0,162
Brigada	47,54	63	0,242				47,54	63	0,237
Sargento Primero	42,14	73	0,281	39,00	3	0,500	42,01	76	0,286
Sargento	32,44	78	0,300	35,00	3	0,500	32,53	81	0,305
Suboficiales	46,87	260		37,00	6		46,87	266	0,119
Cabo Mayor	48,42	19	0,011				48,42	19	0,010
Cabo Primero	41,15	433	0,261	39,40	10	0,068	41,11	453	0,246
Cabo	35,03	396	0,233	37,00	45	0,308	35,23	441	0,239
Soldado	29,55	841	0,495	33,90	91	0,623	29,98	932	0,505
Tropa	38,54	1699		36,77	146		38,69	1845	0,826
Totales	41,83	2079	0,93	35,26	156	0,07	41,87	2235	1

Fuente: SIPERDEF

Habiéndose procedido con los datos obtenidos en las encuestas realizadas, al cálculo de los umbrales que determinan los niveles de significación de los factores y que determinan la configuración de los experimentos que constituyen cada ensayo, se constatan las diferentes características o peculiaridades que definen al grupo de control. Como consecuencia de todo lo expuesto, el DEE diseñado se constituye en base a ocho

experimentos, como resultado del número de niveles de significación remarcados, elevado por el número de factores enumerados; fueron dotados por un máximo de diez miembros del grupo de control, para realizar la gama de ensayos configurados y con ello, captar los tiempos empleados en su ejecución. De este modo, el grupo de control estará compuesto por un total de ochenta (80) miembros, seleccionados aleatoriamente entre la dotación embarcada, de entre aquellos miembros que cumplen con la configuración definida por la combinación de los niveles de significación de los factores que intervienen en el estudio.

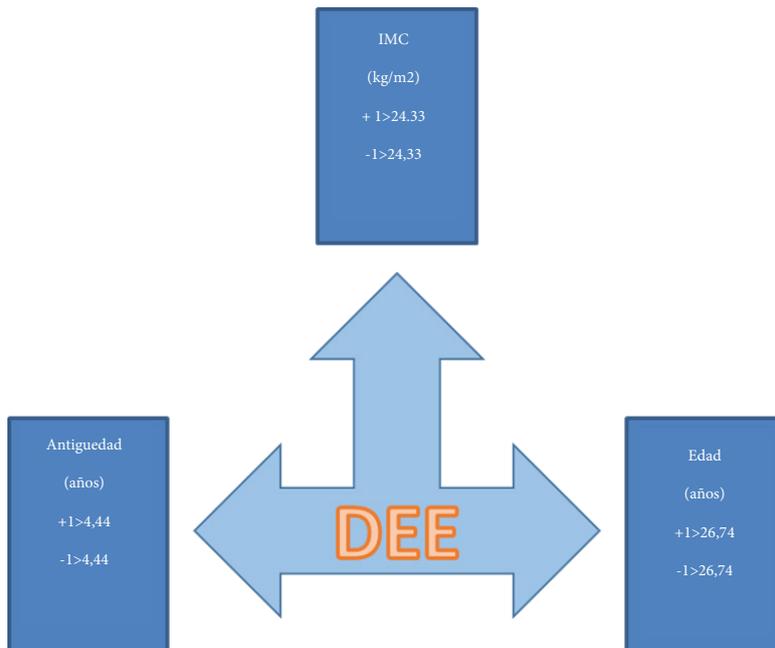
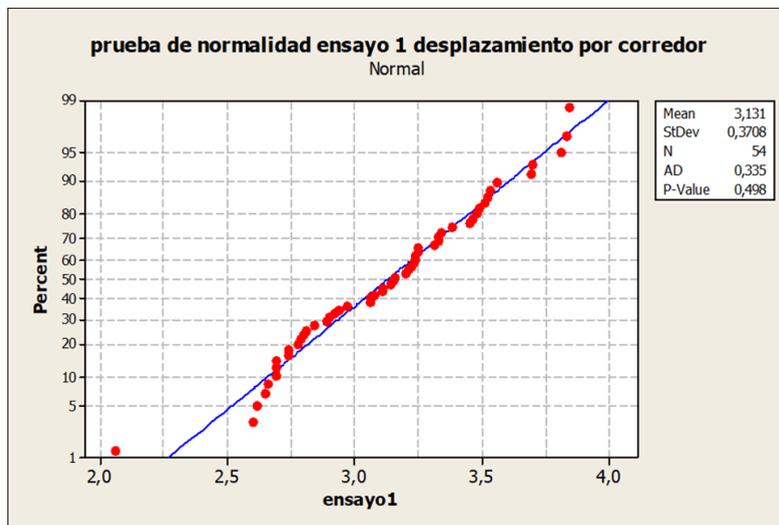


Figura 2. . Diagrama de factores y niveles, DEE.

Una vez disponibles los datos captados en la gama de ensayos ejecutados, es menester en primera instancia, proceder a su depuración y análisis previo, antes de continuar con su procesado de acuerdo con la metodología implementada. De este modo, se procede a la depuración de datos ausentes y de los que encuentran fuera de rango, mediante la aplicación de diferentes técnicas que permiten la generación aleatoria de datos acotados o que son capaces de identificar elementos que fomentan la generación de ruido, respectivamente. Independientemente de los procesos previos implementados, se hace indispensable verificar que los datos de trabajo, superan el test de normalidad. Para ello, se procede exportando los datos de cada ensayo, al paquete estadístico (MINITAB v.14), al objeto de verificar que cumplen con los criterios de normalidad. Como ejemplo, se muestra en la figura siguiente, los resultados obtenidos en la prueba de normalidad aplicada a los tiempos tomados en el primer ensayo, donde los miembros del grupo de control se desplazaban por un corredor de 5 metros de longitud en el buque de estudio.



*Figura 3. Prueba de Normalidad.
Fuente: Propia MINITAB v.14*

La prueba de normalidad seleccionada (test Anderson-Darling), exige la obtención de un ($p\text{-valor} > 0,05$) para la superación del test, para lo cual esta prueba supera el test de normalidad con cierta amplitud. Desde el punto de vista técnico, puede afirmarse conceptualmente que con los datos aportados, no se dispone de indicios suficientes como para poder rechazar la hipótesis nula (H_0) y por tanto se acepta, de modo se constata la superación de la prueba de normalidad.

Una vez verificada la prueba de normalidad, podemos afirmar que disponemos de unos datos debidamente depurados y validados, para procederse con la fase siguiente. Así, validados los datos disponibles, el primer definido por esta metodología, pasa por la construcción de la matriz del plan de experimentos multifactorial, en la que se configuran los diferentes experimentos que constituyen el ensayo diseñado, como la combinación de los factores y de sus niveles de significación, de acuerdo a como se muestra en la siguiente tabla del plan de ensayos multifactorial completo (Tabla 4).

En la construcción de esta matriz se constata el plan de experimentos, como resultado de la combinación entre los diferentes factores y sus correspondientes niveles de significación, identificados estos últimos mediante el sistema binario de numeración (segundo bloque de columnas por la izquierda). El uso de un sistema de numeración binario inverso para su representación, nos permite realizar la permutación de factores de un modo más sencillo y con ello, lograr identificar perfectamente las distintas combinaciones o configuraciones de los experimentos, constituyendo finalmente el plan de experimentos que define a uno de los ensayos de la gama diseñada.

Tabla 3.*Plan de experimentos y de ensayos multifactorial.*

Identificador Decimal del experimento	Matriz del plan de experimentos									Plan de ensayos multifactorial completo						
	2 ⁰ 2 ¹ 2 ²			2 ³						2 ³						
	1	2	4	Factores			Factores			Interacciones			Factor	Nivel	Valor	Ud
	A	B	C	A	B	C	AB	AC	BC	ABC						
0	0	0	0	-1	-1	-1	1	1	1	-1	A	IMC	1	>24,33	Kg/m ²	
1	1	0	0	1	-1	-1	-1	-1	1	1			-1	<24,33	Kg/m ²	
2	0	1	0	-1	1	-1	-1	1	-1	1	B	Edad	1	>26,74	años	
3	1	1	0	1	1	-1	1	-1	-1	-1			-1	<26,74	años	
4	0	0	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1						
5	1	0	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1						
6	0	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	C	Antigüedad	1	>4,44	años	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			-1	<4,44	años	

Con el objeto de definir e identificar fácilmente los diferentes factores y sus niveles de significación intervinientes en el DEE, se incluyen las tablas del plan de experimentos y de ensayos multifactorial completo, en la que se muestran los conceptos de los factores de estudio, sus niveles de significación y la magnitud en que se evalúan estos. Como paso siguiente, se recopilan las diez mediciones tomadas (y_i), calculándose su media aritmética (y_{media}) y desviación típica ($y_{desv.}$) para a cada uno de los experimentos realizados. Así mismo, se formula el cálculo de estas mismas variables de centralización y dispersión, para las diferentes mediciones obtenidas en el ensayo (y_m , s_m).

Tabla 4.*Mediciones de réplicas de ensayos DEE.*

Respuesta											
Mediciones											
y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{media}	y_{desv}
3,11	3,14	2,81	3,48	3,51	2,92	3,49	3,22	3,70	3,52	3,29	0,29
2,06	2,60	2,69	2,65	2,89	2,66	2,84	2,78	3,06	3,83	2,69	0,28
3,06	3,33	3,12	3,11	3,70	3,20	2,98	2,82	3,42	3,30	3,20	0,25
2,74	2,90	3,25	2,80	2,69	2,69	2,83	2,79	2,76	3,72	2,77	0,07
3,53	3,08	2,78	3,26	3,83	3,66	3,60	3,12	3,90	2,75	3,35	0,41
3,11	3,14	2,81	3,48	3,51	2,92	3,49	3,22	3,70	3,52	3,29	0,29
3,11	2,79	3,45	3,24	3,74	3,20	3,81	3,23	3,23	3,09	3,19	0,30
2,62	3,21	3,69	3,56	3,34	3,97	3,24	3,84	3,46	3,16	3,31	0,36

A continuación se procede a obtener las medias de las respuestas de nivel alto y bajo, es decir, las medias de los valores medios (y_m) donde el factor o la iteración de referencia toma como respuesta un valor alto (+1) o bajo (-1) respectivamente.

$$M_{+j} = \sum_{i=1}^{2^4} t(i,j) * \bar{y}_i \cdot \sqrt{[t(i,j) > 0]} ; M_{-j} = \sum_{i=1}^{2^4} t(i,j) * \bar{y}_i \cdot \sqrt{[t(i,j) < 0]}$$

La diferencia obtenida entre las distintas medias, cuantifica el efecto que obtiene cada uno de los factores o iteraciones, que constituyen el ensayo.

$$[\text{Efecto } j = (M_{+j} - M_{-j})]$$

Cabe resaltar que el *efecto* es la variable que recoge la diferencia entre las medias de los resultados obtenidos en ensayos ante un nivel bajo y alto de respuesta. Si el resultado de esta variable resulta negativo, constata que al disminuir el valor del factor o interacción que representa, aumentar el valor de respuesta y viceversa.

Tabla 5.

Respuestas de nivel y efecto de factores e interacciones..

Media de las respuestas a nivel alto (M+)	3,03	3,12	3,27	3,16	3,27	3,14	3,14
Media de las respuestas a nivel bajo (M-)	3,24	3,16	3,01	3,11	3,01	3,14	3,13
Efecto	-0,21	-0,04	0,26	0,05	0,27	0,00	0,01

Por último, resta calcular la tabla de *contribuciones básicas* (Cb) de los factores e interacciones definidas, en las que se lleva a cabo la sustracción sobre la interacción correspondiente, del *efecto* (E) de todas aquellos factores o interacciones que forman parte de ella, tal y como se aprecia en la siguiente tabla.

$$Cb_j = \text{MIN}_j(\sum_{i=1}^{\text{interacciones}} \sum_{j=1}^{\text{factores+interacciones}} (E_{(i,j)} - E_i)), \sqrt{[E_{(i,j)} \text{ in } E_i]}$$

La contribución básica es una variable que muestra el grado de importancia o influencia en valor absoluto, entre factores y en ausencia de dependencias con sus respectivas interacciones. Este concepto contrasta con el efecto, el cual muestra la influencia que posee el mismo de manera combinada o lo que es lo mismo, dependiendo de otros factores o interacciones.

Finalmente, la contribución básica dirigida a cada uno de los factores o interacciones, estará formada por el menor de los valores calculados, excluyéndose por supuesto, el valor de efecto.

Tabla 6.
Cálculo de la contribución básica de factores e interacciones.

	Cálculo de la contribución básica						
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
Efecto	-0,21	-0,04	0,26	0,05	0,27	0,00	0,01
-ABC	-0,22	-0,05	0,25	0,04	0,26	-0,01	
-BC		-0,04	0,26				
-AC	-0,48	-0,31					
-AB	-0,26	-0,09					
Contribución básica	-0,48	-0,31	0,25	0,04	0,26	-0,01	0,01

Resultados

Con el objeto de disertar el análisis pormenorizado del DEE realizado, se procede a construir un gráfico de barras, en el que se representan conjuntamente el efecto y la contribución básica, de los factores e interacciones que constituyen del experimento.

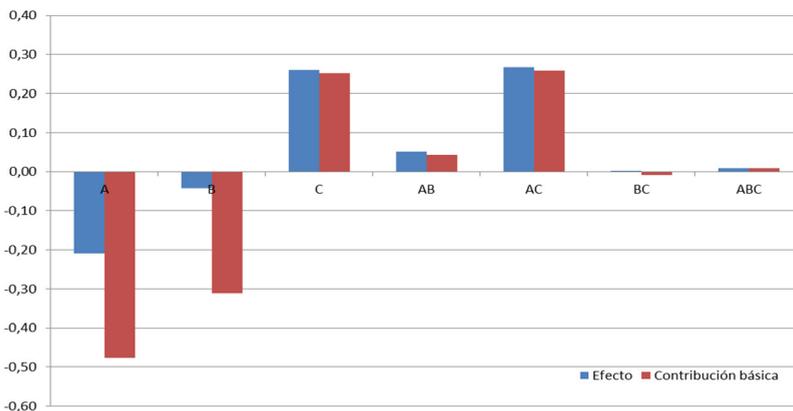


Figura 4. Diagrama de barras, efecto y contribución básica.

Tras la presentación de los resultados obtenidos para las diferentes variables de análisis, se procede a enumerar, los resultados obtenidos del análisis realizado en función de los efectos generados por los diferentes factores e interacciones que conforman el experimento diseñado:

1. Los factores (A, IMC) y (B, edad) presenta un efecto negativo, es decir, cuanto menor sea su valor mejor será la respuesta del comportamiento del ensayo.
2. El factor (C, antigüedad) presenta un efecto positivo, es decir, cuanto mayor sea su valor mejor será la respuesta del comportamiento del ensayo.
3. Respecto de las interacciones dobles, cabe reseñar la interacción (AD; IMC, antigüedad) como la que presenta un mayor efecto y además positivo, por cuanto mayor sea su valor, mejor será la respuesta del comportamiento del ensayo.

A continuación se procede a enumerar, los resultados obtenidos del análisis realizado en función de la contribución básica aportada por los diferentes factores e interacciones que conforman el experimento:

1. El factor (A, IMC) presenta la mayor contribución absoluta, es decir, muestra el mayor grado de influencia respecto a los restantes factores, en ausencia de dependencia con las interacciones.
2. Los factores (B, edad) y (C, antigüedad) presentan una contribución absoluta, es decir, muestra cierto grado de influencia respecto a los restantes factores y en ausencia de dependencia con las interacciones.
3. De entre todos los factores, se resalta que los factores (A, IMC) y (B; edad), que muestran la contribución básica y por tanto podemos afirmar que el IMC y la edad, son los factores de mayor importancia en influencia absoluta; aunque el tercer factor (C, antigüedad) presenta una contribución nada despreciable.

Una vez obtenidos los resultados del DEE desarrollado, resta obtener una función de regresión que defina la función de desplazamiento de un miembro de la dotación embarcada, en función de los niveles de significación de sus factores (IMC, edad, antigüedad), parametrizados de acuerdo a sus datos profesionales y antropométricos. Así mismo, en un primer paso y a modo de proceso de depuración, se retoma la tabla de mediciones captadas del DEE para aplicar el Criterio de Chauvenet, que a partir del número de mediciones realizadas por experimento ($k=10$) designa un valor ($n=1,96$), el cual actúa de valor de cota para la identificación de mediciones atípicas.

Tabla 7.
Identificación de valores anómalos por Chauvenet ($k=10$).

Criterio de Chauvenet											
y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	k	n
0,0732	0,0078	0,88344	0,9261	1,0071	0,5863	0,9531	0,2239	1,5203	1,0341	2	1,15
2,909	1,4506	1,20753	1,3156	0,6674	1,2886	0,8024	0,9645	0,2082	1,8714	3	1,35
0,2082	0,521	0,03339	0,0814	1,524	1,1673	0,4283	0,86	0,7752	0,4421	4	1,54
1,0725	0,6404	0,30492	0,9104	1,2075	1,2075	0,8177	0,9306	1,0184	1,1286	5	1,68
1,0611	0,1542	0,9564	0,3354	1,8631	1,4135	1,2626	0,0328	2,0588	1,0485	6	1,73
0,0732	0,0078	0,88344	0,9261	1,0071	0,5863	0,9531	0,2239	1,5203	1,0341	10	1,96
0,0732	0,9375	0,84508	0,2779	1,0725	0,1699	1,8174	0,2509	0,2636	0,1227	20	2,24
1,3966	0,1969	1,49328	1,1422	0,548	0,4513	0,2779	1,8984	0,8721	0,0618	25	2,33

La aplicación de este criterio, se asocia al siguiente proceso de análisis de regresión en base a la aplicación de la ecuación de Shieffle (ecuación de regresión sustentada en la validación del Criterio de Chauvenet, al objeto de anular el error cometido y por tanto, su ($\epsilon=0$)) y en la cual se sustenta. De acuerdo con esta disposición y observando los valores anómalos identificados en la tabla anterior, las condiciones de la ecuación Shieffle, exigen la supresión de estos datos del proceso de regresión, al objeto de evitar la inclusión de ruido alguno en la ecuación de regresión finalmente obtenida y por tanto el error en que se incurra será inexistente ($\epsilon=0$). Asumidos los prolegómenos del análisis de regresión seleccionado, se procede a definir la interpolación de los niveles de significación para los distintos factores, en función de los intervalos de valores de trabajo acotados por las diferentes disposiciones normativas.

Tabla 8.
Interpolación lineal, cota de intervalos y niveles de significación.

Interpolación lineal								
$y^+ = (x-x_1/X^*-x_1)$; $y^- = (x-x^*/x_2-x^*)-1$								
A	kg/m ²		B	Años		C	Años	
x1	24,33	40	x1	26,74	52	x1	4,44	34
x2	24,33	18.5	x2	26,74	18	x2	4,44	0
y1	1		y1	1		y1	1	
y2	-1		y2	-1		y2	-1	

Fruto de la interpolación realizada, se alcanzan los valores relativos de los diferentes factores dentro de un intervalo $[-1,1]$ que determina el recorrido de los niveles de significación para cada la característica de un miembro de la dotación embarcada.

Los recorridos de los diferentes intervalos asignados a cada factor, corresponden con los valores máximos y mínimos designados por la normativa vigente. Finalmente, resta calcular la recta de regresión estructurada de acuerdo a los parámetros que se muestran en la tabla siguiente, entre los que se identifica la media aritmética (b_0) de la totalidad de mediciones adaptadas al DEE y la mitad del valor de *efecto* (b_i) relativo a cada factor o interacción que constituyen la función de regresión.

Tabla 9.
Composición de la función de regresión.

$y=b_0+b_1A+b_2B+b_3C+b_4AB+b_5AC+b_6BC+b_7ABC$									
b_0	3,14	b_4	0,04	A	B	C			
b_1	-0,12	b_5	0,14	Real	18,5	27	0	y	3,247
b_2	-0,02	b_6	-0,02	Trf.	-1	0,0103	-1		
b_3	0,15	b_7	0						

Como ejemplo de la tabla anterior, se configura un miembro de la dotación embarcada, con un índice de masa corporal ($A=18,5$) kg/m², con edad ($B=27$) años y tiempos de antigüedad ($C=0$) años; obteniéndose finalmente un tiempo estimado de desplazamiento a través de un corredor de cinco metros (5 m.) de longitud, sería de ($y=3,247$) segundos.

Conclusiones

El Naval Ship Code se define como “goal based estándar”, por lo que se necesita desarrollar trabajos que ayuden a demostrar el cumplimiento de los requisitos.

Las metodologías DEE basadas en el diseño multifactorial, no solo permiten identificar los factores que realmente intervienen en el estudio, sino que además permiten identificar el grado o magnitud y el modo, en el que intervienen. A la vista de las premisas y conclusiones ya enumeradas de este estudio, podemos resumir que los factores (A, IMC) y (B, edad) son los que mayor influencia aportan al estudio, siendo esta negativa. Por el contrario, el factor (C, antigüedad) muestra la menor influencia, aunque resulta positiva. De este modo, cuanto menor sea el IMC y la edad del individuo, mayor será el tiempo empleado en el ensayo de referencia, que para el caso que compete a este artículo, trata un desplazamiento rectilíneo en un corredor de 5 metros de longitud sito en el buque de estudio. Así mismo, cuanto mayor sea la antigüedad del individuo, mayor será el tiempo empleado en el ensayo.

Tener simulado al personal de Infantería de Marina embarcado y a nuestras dotaciones permitirá la optimización de las operaciones navales y particularmente dotará de seguridad al abandono del buque.

Referencias

- DDS-079. (1975). *Design Data Sheet-Stability and Buoyancy of US Naval Surface Ships*. US Navy, Naval Ship Engineering Center, Washington, USA.
- MARPOL. *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*, consolidated edition 2011. International Maritime Organization.
- Martínez Grueira, H. (2017), DEE, *adquisición de datos y estudio del desplazamiento para evacuación de dotaciones embarcadas*, CUD-UAH.
- Martínez Grueira, H. (2018). *La antigüedad es un grado*. Boletín Técnico de Ingeniería n°14 MAY18, ETSIAN. NIPO IBD: 083-17-203-7, en línea: 083-17-202-1.
- Montgomery Douglas C. (2009), *Introducción al control estadístico de calidad*. (John Wiley & Sons, Inc.) ISBN: 978-0-470-16992-6
- Montgomery Douglas C., Runger George C. (2011), *Probabilidad y Estadística aplicada para ingenieros*. (John Wiley & Sons, Inc.) ISBN-13: 978-0-470-05304-1
- MSC_Circ_1238. *Guidelines for a Simplified Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships*. International Maritime Organization.
- NSC. ANEP-77, Ed. F. Naval Ship Code. NATO Standardization Agency (NSA). www.navalshipcode.org, descargado el 17.02.17
- Riola J.M., Pérez-Villalonga, F.J. (2008). *Naval*
- Seanews International Shipping Magazine Turkey. www.seanews.com.tr, descargado el 2.05.18
- SOLAS. *International Convention for the Safety of Life at Sea*, consolidated edition 2009. International Maritime Organization.



Panorámica desde el buque ARC "20 de Julio" en el continente Antártico, año 2017.



Buque ARC "20 de Julio" en desarrollo de la IV Expedición Científica a la Antártida.
