



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio y propuestas de diseño para la mejora del puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Santiago Conde Camiño

DIRECTORES: Rafael María Carreño Morales

CURSO ACADÉMICO: 2018-2019

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio y propuestas de diseño para la mejora del puente de
gobierno del Juan Sebastián de Elcano*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

A lo largo de sus casi 100 años, el Juan Sebastián de Elcano (JSE) ha sido objeto de todo tipo de mantenimientos tanto rutinarios como de mayor entidad. Asimismo, también ha sufrido remodelaciones y la sustitución de diferentes elementos cuando se consideró necesario. Todo ello para garantizar, en la medida de lo posible, una navegación segura y cumplir las misiones encomendadas. Atendiendo a las consideraciones anteriores, se ha visto interesante realizar un estudio de la situación en la que se encuentra el puente de gobierno del JSE enfocado a la seguridad del personal que lo utiliza y a la ergonomía del mismo. Por ello, en el presente Trabajo de Fin de Grado se lleva a cabo un análisis de los distintos factores que influyen en estos aspectos. A partir de este análisis, se comprueban las carencias que tiene el actual puente de gobierno en términos de ergonomía y seguridad del personal que lo utiliza. Una vez comprobadas las carencias existentes en estos aspectos, se proponen una serie de mejoras. Estas mejoras propuestas están enfocadas a paliar las deficiencias ergonómicas y de seguridad del puente de gobierno. Tras la aplicación de dichas propuestas en el puente de gobierno se comprueba cuáles de las carencias observadas durante el periodo de análisis han sido subsanadas, obteniendo como resultado un puente de gobierno más seguro y ergonómico.

PALABRAS CLAVE

Puente de gobierno, ergonomía, seguridad, velero escuela, Juan Sebastián de Elcano

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a mi tutor, Rafael María Carreño Morales, el tiempo empleado en la realización de este trabajo, así como el haber despertado en mí el interés sobre la materia.

En segundo lugar agradecer a todos los profesores civiles y militares, del Centro Universitario de la Defensa y de la Escuela Naval, el haber empleado su tiempo y esfuerzo en la formación que se me ha proporcionado a lo largo de estos últimos años.

A mi familia, ya que a ellos se lo debo todo. Ellos han sido los que me han inculcado sus enseñanzas, me han ayudado siempre y me han hecho crecer hasta llegar a ser la persona que soy ahora, acompañándome siempre en los buenos momentos y lo que es más importante, en los no tan buenos.

A mis compañeros de promoción por compartir conmigo estos 5 años llenos de alegrías y sufrimiento. Especialmente a mis compañeros de camarata C-3 y C-2 que me han ayudado siempre a sacar adelante todas las asignaturas y trabajos.

A mi ahijado y amigo, el GM1º (CGA-EOF) D. Aurelio Ramón Fernández Espinosa por ayudarme desde el otro lado del charco siempre que se lo he pedido.

Al AN (CIA-EOF) D. Manuel Jaime de la Puente Basallote por prestarme su ayuda desinteresada y atender mis dudas en todo momento.

Al TN (CIA-EOF) D. José Antonio Portillo Ramos por sus enseñanzas en una materia tan desconocida para mí, mostrándose siempre dispuesto a prestarme su ayuda desinteresada.

Por último pero no menos importante a mi compañera de vida. Gracias por sacar siempre lo mejor de mí, por apoyarme, por hacer que quiera seguir adelante y por servirme de escudo contra todo lo malo.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	4
1 Introducción y objetivos	5
1.1 Introducción	5
1.2 Objetivos	6
1.3 Estructura de la memoria	6
2 Estado del arte	9
2.1 Seguridad en buques	9
2.1.1 Convenio sobre Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SOLAS)	10
2.1.2 Prevención de Riesgos Laborales/Seguridad Operativa	11
2.2 Ergonomía	14
2.2.1 Definición	14
2.2.2 Objetivos.....	14
2.2.3 Factores que influyen en la ergonomía	14
2.2.4 Aplicación.....	21
2.3 Buques similares al Juan Sebastián de Elcano.....	21
2.3.1 Bima Suci.....	21
2.3.2 BAP Unión.....	23
3 Desarrollo del TFG.....	27
3.1 Descripción	27
3.2 Análisis.....	27
3.2.1 Puente descubierto	27
3.2.2 Equipos del puente de gobierno.....	29
3.3 Propuestas	35
3.3.1 Cubierta de cierre para el puente de gobierno	35
3.3.2 Sustitución de equipos del puente de gobierno.....	37
4 Resultados	41
4.1 Cubierta de cierre para el puente de gobierno.....	41
4.2 Sustitución de equipos del puente de gobierno.....	42
4.2.1 Sustitución de equipos en el puesto del timonel.....	42
4.2.2 Sustitución de las consolas de radar y WECDIS	43
5 Conclusiones y líneas futuras	45

5.1 Análisis y Conclusiones	45
5.2 Líneas futuras	45
6 Bibliografía.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Buque escuela Juan Sebastián de Elcano. Fuente: [1]	5
Figura 1-2 Cámara del Sr. Comandante. Fuente: [2]	6
Figura 2-1 Estructura de la OMI. Fuente: elaboración propia	10
Figura 2-2 Los colores y su influencia en el hombre. Fuente: [9]	15
Figura 2-3 Distribución espacial de la luz proporcionada. Fuente: [10].....	16
Figura 2-4 Sonómetro Tacklife SLM01. Fuente: [14]	18
Figura 2-5 Dosímetro Extech SL400. Fuente: [15].....	19
Figura 2-6 Buque escuela KRI Bima Suci. Fuente: [17]	22
Figura 2-7 Espacios interiores Bima Suci. Fuente: [17]	22
Figura 2-8 Puente de gobierno del Bima Suci. Fuente: [17].....	23
Figura 2-9 Buque escuela BAP Unión. Fuente: [19]	24
Figura 2-10 Comedor BAP Unión. Fuente: [21].....	24
Figura 2-11 Puente de gobierno del BAP Unión. Fuente: [22].....	25
Figura 3-1 Puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano. Fuente: Autoría propia	28
Figura 3-2 Personal trabajando en la jarcia. Fuente: Autoría propia	29
Figura 3-3 Anemocinemógrafo del palo trinquete del Juan Sebastián de Elcano. Fuente: Autoría propia	29
Figura 3-4 Explicación de la información mostrada en el OMC-139. Fuente: [25]	30
Figura 3-5 Mesa de derrota del puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano. Fuente: Autoría propia	31
Figura 3-6 SIMRAD MX420. Fuente: [26]	31
Figura 3-7 Puesto del timonel desde estribor. Fuente: Autoría propia	33
Figura 3-8 Puesto del timonel desde babor. Fuente: Autoría propia	33
Figura 3-9 Estructura donde se encuentran las consolas de radar y WECDIS. Fuente: Autoría propia	34
Figura 3-10 Consola bridge master e-180. Fuente: [27]	34
Figura 3-11 Puente cubierto del velero Bima Suci. Fuente: [17].....	36
Figura 3-12 SIMRAD IS40. Fuente: [28]	39
Figura 3-13 Consolas SAINSEL distribuidas en distintos módulos. Fuente: [29]	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Medida del peligro. Fuente: elaboración propia.....	12
Tabla 2-2 Clasificación de accidentes. Fuente: elaboración propia.....	13
Tabla 2-3 . Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997) Fuente: [11].....	17
Tabla 2-4 Condiciones en entorno de trabajo. Fuente: elaboración propia	21

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

El Juan Sebastián de Elcano [1], Figura 1-1, es un bergantín-goleta de cuatro palos y actual buque escuela de la Armada española. Fue proyectado y construido por los astilleros Echevarrieta y Larrinaga de Cádiz siendo botado el 5 de Marzo de 1927. Una vez botado, el día 19 de abril de 1928 se hace a la mar para el desarrollo de su primer crucero de instrucción, que desde entonces realiza casi sin interrupción cada año. Durante los años 1937, 1938 y 1939 no se realizaron los viajes debido al transcurso de la Guerra Civil española. Del mismo modo, en el año 1956 y más tarde en 1978 se realizaron grandes obras de modernización en el buque en el Arsenal de La Carraca y este no pudo efectuar navegaciones con Guardias Marinas. Por el contrario, durante los años 1933, 1942, 1943 y 1951 el “Elcano” efectuó dos cruceros diferentes en cada uno de ellos. De esta manera en la actualidad prácticamente coincide el número de cruceros realizados y la edad del barco, realizándose este año su nonagésimo primer crucero que se corresponde con el 92 cumpleaños del buque.



Figura 1-1 Buque escuela Juan Sebastián de Elcano. Fuente: [1]

Con sus 92 años, el Juan Sebastián de Elcano es el buque más longevo de la Armada Española y pese a las remodelaciones y los mantenimientos que ha recibido a lo largo de los años, siempre se ha querido mantener su esencia de buque clásico tratando de mantenerlo lo más parecido posible a como era originalmente. Aunque si es cierto que algunas de estas remodelaciones han afectado claramente a

la calidad de vida y a la seguridad del buque, estas se han realizado en su mayoría en espacios interiores, mientras que otros elementos externos como el puente de gobierno, han permanecido inalterados en cuanto a diseño y disposición a lo largo de los años. Este hecho hace que presente algunas carencias en algunos aspectos como pueden ser la seguridad o la ergonomía, debidas principalmente a los avances y mejoras que se han realizado en estas materias a lo largo de los años de vida de este buque y que no se han implementado en este. [1]



Figura 1-2 Cámara del Sr. Comandante. Fuente: [2]

Esta es la principal motivación de este TFG, en el que las carencias mencionadas en el párrafo anterior permitirán enfocar las actuaciones previstas en el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano. Por ello, se hará un estudio de la situación en la que este se halla, en términos de seguridad y ergonomía y de esta forma, sacar una serie de conclusiones que hagan posible la realización de una serie de propuestas de diseño para mejorar el actual puente de gobierno. De esta manera, se conseguirán subsanar las posibles deficiencias que se encuentren en el ámbito de la seguridad y la ergonomía.

1.2 Objetivos

Con la realización del presente Trabajo Fin de Grado (TFG) se pretenden alcanzar los objetivos que se exponen a continuación.

En primer lugar, se llevará a cabo una investigación de la situación en la que se encuentra el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano, analizándolo desde un punto de vista enfocado a la seguridad y a la ergonomía del mismo, poniéndolo en contexto con el de otros buques de su categoría y entidad.

A continuación y en base a estos resultados, se realizarán una serie de propuestas de diseño con el objetivo de subsanar todas las deficiencias de seguridad y las posibles mejoras en términos de ergonomía que se encuentren durante la realización de la investigación realizada previamente.

1.3 Estructura de la memoria

La memoria del presente trabajo presenta una estructura que consta de seis capítulos. El primer capítulo, Introducción y objetivos, consiste en una pequeña introducción a lo que se va a desarrollar a lo largo de este trabajo, poniendo en contexto la situación y hablando de los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el segundo capítulo, Estado del arte, se hace un análisis, yendo de lo general a lo particular, de la situación actual del tema que se va a tratar y del estado actual del arte, que sirve como base de las propuestas que se realizarán a continuación en capítulos posteriores.

Más adelante, en el tercer capítulo, Desarrollo del TFG, se realiza la descripción detallada de las diferentes propuestas de diseño que han surgido a raíz del trabajo de investigación realizado así como de a metodología que se ha seguido.

Como resultado del tercer capítulo, Desarrollo del TFG, en el Capítulo 4, Resultados, se presentan los resultados obtenidos en este y en el Capítulo 5, Conclusiones y líneas futuras, las conclusiones obtenidas durante la realización de este trabajo y las futuras líneas de investigación para extender el alcance del presente trabajo.

Por último, en el Capítulo 6, Bibliografía, se presenta la bibliografía que se ha empleado para la realización del presente trabajo incluyendo los enlaces a las fuentes que han sido empleadas en la elaboración de este, las cuales pueden ser consultadas a través de ellos.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Seguridad en buques

La OMI (Organización Marítima Internacional) [3], es una organización de carácter internacional en la que intervienen 164 Estados. Fue fundada el 19 de Febrero de 1948 en la Conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Ginebra. Pese a ser fundada en 1948 no será hasta 1958 cuando entre en vigor y sobre ella recae entre otras muchas la responsabilidad de velar por la seguridad en la mar. Su objetivo inicial era el siguiente: “Navegación segura y mares limpios” y para ello, a lo largo de sus primeros años su principal ocupación fue la de elaborar un conjunto de convenios, códigos y recomendaciones que se pudiesen aplicar indistintamente en todos y cada uno de los Estados que la componían. Todos los convenios más importantes han sido ya aceptados por países cuyas flotas mercantes combinadas representan el 98% del total mundial. El máximo órgano rector de la OMI es la Asamblea, que se reúne cada dos años. Entre sesiones de la Asamblea actúa como rector un Consejo, formado por 40 Estados miembros elegidos por la Asamblea. El trabajo técnico y jurídico lo llevan a cabo 5 Comités [4], Figura 2-1. Estos son el Comité de Seguridad Marítima (MSC) que se ocupa de la seguridad en el ámbito marítimo. El Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) que se ocupa de la preservación del medio ambiente marino, y especialmente de la contaminación por hidrocarburos y otras cargas, pero también de otras materias como la eliminación de pinturas anti-incrustantes que puedan dañar a la fauna marina, gestión de aguas de lastre (para evitar que el transporte de microorganismos locales pueda producir el deterioro de la microfauna marina en otras regiones), etc. El Comité de Cooperación Técnica (TC) que controla los programas de cooperación establecidos para ayudar a los gobiernos a poner en vigor las medidas técnicas adoptadas por la organización. El Comité Jurídico (LEG). Es el responsable de examinar los asuntos jurídicos en la OMI. Por último, el Comité de Facilitación (FAL). Se ocupa de facilitar el tráfico marítimo internacional simplificando las formalidades y la documentación que se exige a los buques cuando entran o salen de los puertos y terminales. [4] [5]

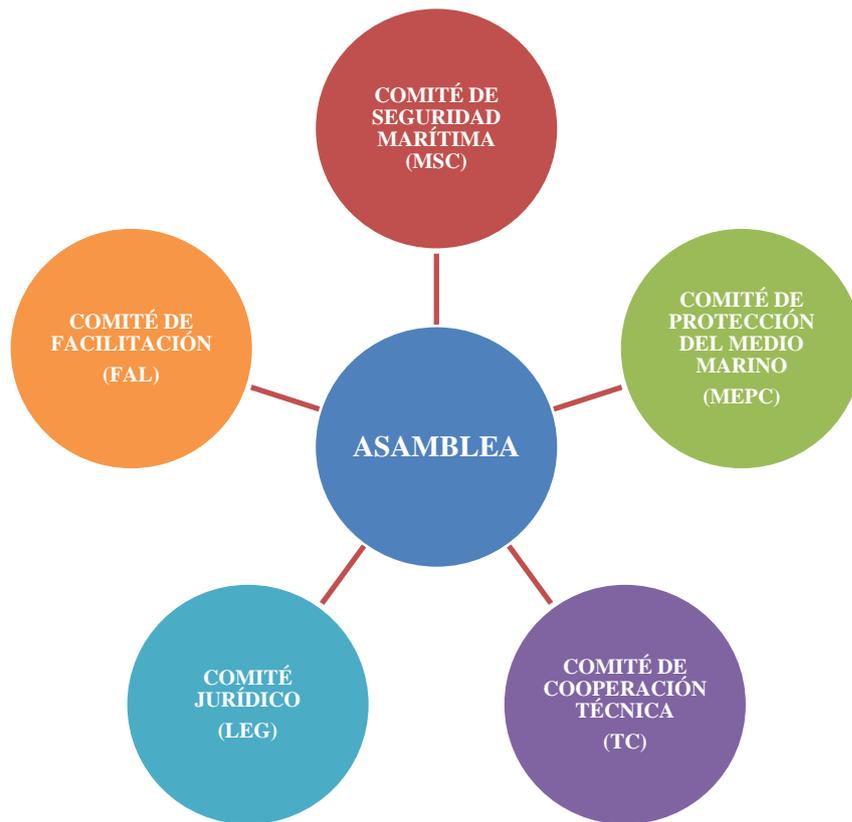


Figura 2-1 Estructura de la OMI. Fuente: elaboración propia

2.1.1 Convenio sobre Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SOLAS)

En 1960 tiene lugar la primera conferencia organizada por la OMI en la que se adoptó el Convenio SOLAS [5], que entró en vigor en 1965 y en el que se incluían un gran número de medidas destinadas a mejorar la seguridad de la navegación. Sus disposiciones incluían el proyecto y la estabilidad de los buques de pasaje y de carga, instalaciones de maquinaria y eléctricas, protección contra incendios, dispositivos salvavidas, radiocomunicaciones, seguridad de la navegación y el transporte de mercancías peligrosas. En 1974 se produce una actualización de este convenio. Con esta actualización se incluye un novedoso método de actualización gracias al cual el convenio puede actualizarse continuamente con frecuencia para incluir las distintas modificaciones presentes en el sector marítimo sin tener la obligación de convocar una conferencia. El Convenio SOLAS de 1974 entró en vigor el 25 de mayo de 1980 y, a 31 de agosto de 2004, lo habían ratificado 153 Estados. La versión vigente en la actualidad se conoce como "Convenio SOLAS, 1974, enmendado". [6]

El objetivo más importante que persigue el Convenio SOLAS es establecer normas mínimas relativas a la construcción, el equipo y la utilización de los buques, compatibles con su seguridad. Los Estados que han ratificado este convenio tienen la obligación y la responsabilidad de cerciorarse del cumplimiento de las disposiciones del Convenio por parte de los buques que enarbolan su pabellón. Habiéndose cumplido las disposiciones del Convenio, se procede a la expedición de una serie de certificados como prueba de que se ha hecho así. Las disposiciones que hacen referencia a la supervisión permiten también a los Gobiernos Contratantes la inspección de los buques de otros Estados Contratantes, si hay suficientes motivos para creer que un determinado buque, y su correspondiente equipo, no cumplen alguna de las prescripciones del Convenio, siendo conocido este procedimiento como "supervisión por el Estado rector del puerto". La versión más actualizada del Convenio SOLAS contiene disposiciones por las que se establecen obligaciones de carácter general, procedimientos de enmienda y otras disposiciones, acompañado de un anexo dividido en 14 capítulos. [6]

De entre estos 14 capítulos, resulta de especial interés en relación a la seguridad el capítulo V “Seguridad de la navegación”. Este capítulo consta de 35 reglas y un apéndice. De estas 35 reglas son de especial interés para este trabajo la regla 19 y la 22.1.

En la regla 19 se especifican los equipos mínimos de navegación que se deben incluir en el puente de gobierno de un buque para garantizar la navegación de forma segura. Estos equipos son mayormente aparatos y sistemas náuticos además de todo el material necesario para llevar a cabo el control de la navegación. [7]

La regla 22.1 sin embargo hace referencia a la visibilidad desde el puente de navegación. La construcción del puente de gobierno del buque debe satisfacer unos estándares que se incluyen en esta regla y explican cómo debe ser la vista de la superficie del mar, los sectores ciegos admisibles, el campo de visión horizontal, la altura de las ventanas del puente o el ángulo que deben tener para evitar reflejos. [7]

Aunque el Juan Sebastián de Elcano por ser un buque perteneciente a la Armada queda exento del cumplimiento de estas normas, es altamente recomendable que se cumpla todo lo dispuesto en ellas ya que de no pertenecer a la Armada, sería considerado como buque de pasaje, para los cuales estas normas son de obligado cumplimiento. [7]

2.1.2 Prevención de Riesgos Laborales/Seguridad Operativa

Tanto la prevención de riesgos laborales (PRL) como la seguridad operativa (SEGOP) constituyen el conjunto de normas, procedimientos y actividades encaminados a evitar, prevenir y eliminar las causas potenciales de accidentes al personal, enfermedades profesionales y/o daños al material que puedan disminuir la eficacia operativa de la Armada.

La PRL tiene origen civil mientras que la SEGOP tiene un origen militar. Esta última surge de los procedimientos americanos para evitar accidentes aeronavales y es de aplicación en actividades de instrucción y adiestramiento, así como en actividades operativas. Para ello se aplica el Plan General de PRL/SEGOP y la gestión operativa de riesgos (ORM).

En el ámbito de la PRL/SEGOP es importante conocer las diferencias existentes entre los términos peligro y riesgo. El peligro se define como todo proceso o actividad que debido a la ausencia de medidas preventivas específicas, origine riesgos para la salud y seguridad del personal que desarrolla dicho proceso o actividad. El riesgo es sin embargo la posibilidad de que tanto personal como material sufran un determinado daño derivado del trabajo. Los riesgos se clasifican en función de su probabilidad y severidad. Respecto a su probabilidad se clasifican alfabéticamente de la letra A a la letra D, de más probable a menos probable. Respecto a su severidad se clasifican de I a IV siendo I el más severo y IV el menos. A partir de esta clasificación se obtiene una tabla como la Tabla 2-1 en la que se expresa la medida del peligro en base a estos dos factores.

		PROBABILIDAD			
		A	B	C	D
S E V E R I D A D	I	1 (CRÍTICO)	1 (CRÍTICO)	2 (SEVERO)	3 (MODERADO)
	II	1 (CRÍTICO)	2 (SEVERO)	3 (MODERADO)	4 (MENOR)
	III	2 (SEVERO)	3 (MODERADO)	4 (MENOR)	5 (NIMIO)
	IV	3 (MODERADO)	4 (MENOR)	5 (NIMIO)	5 (NIMIO)

Tabla 2-1 Medida del peligro. Fuente: elaboración propia

La medida del peligro se clasifica de esta forma en:

- Crítico: Implica la paralización inmediata de la actividad a la que hace referencia
- Severo: Implica la no realización de la actividad hasta que se implanten las medidas necesarias para rebajar la clasificación asignada.
- Moderado: Se requiere adoptar medidas para solventar el peligro aunque estas no sean de urgencia inmediata.
- Menor: Su corrección no resulta imprescindible.
- Nimio: las medidas a tomar deben ser evaluadas desde un punto de vista enfocado a la eficacia.

Otros dos conceptos igual de importantes que los anteriores y que también deben ser conocidos son el concepto de accidente y el concepto de incidente. Un accidente podemos definirlo como todo aquel suceso anormal e indeseado que se presenta de forma brusca e inesperada, normalmente evitable, y que causa daños al personal y/o al material. Por el contrario en los incidentes no se producen daños ni personales ni materiales pero cualquier cambio en las condiciones en las que se ha producido dicho incidente hubiera ocasionado un accidente.

También se pueden clasificar los accidentes de un modo análogo a como se clasificaron los riesgos. Entonces, los accidentes se clasifican según su peligrosidad de más peligroso (A) a menos peligroso (D) en base a los daños al personal y a los daños materiales tal y como se muestra en la Tabla 2-2.

CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES							
		DAÑOS AL PERSONAL					
		1	2	3	4	5	6
MATERIALES	I	A	A	A	A	A	A
	II	A	B	B	B	B	B
	III	A	B	C	C	C	C
	IV	A	B	C	D	D	D

Tabla 2-2 Clasificación de accidentes. Fuente: elaboración propia

En relación a los daños al personal, estos se clasifican en los siguientes niveles:

- Uno: Muerte, desaparecido o inutilidad total permanente.
- Dos: Inutilidad parcial permanente.
- Tres: Más de un mes rebajado del servicio.
- Cuatro: Más de una semana rebajado del servicio.
- Cinco: Daños hasta una semana rebajado.
- Seis: Ileso.

Los daños materiales siguen la siguiente clasificación:

- I: Más de 500.000 euros.
- II: Entre 500.000 y 100.000 euros.
- III: Entre 100.000 y 10.000 euros.
- IV: Menos de 10.000 euros.

A continuación, se señalan las leyes y normativas de referencia que son de aplicación en la PRL/SEGOP. En primer lugar, encontramos la ley 31/95 de prevención de riesgos laborales, el Real Decreto 39/97 reglamento de los servicios de prevención o la ley orgánica 8/2014 del 4 de Diciembre de Régimen Disciplinario de las Fuerzas Armadas.

A mayores de esta normativa, la PRL/SEGOP está regulada por el Plan General PRL/SEGOP de AJEMA (Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada) y cada unidad debe tener su propio Plan Ordinario de PRL/SEGOP donde se establecen la declaración de principios y nombramiento del equipo PRL/SEGOP de la unidad, la composición de la Junta PRL/SEGOP, el calendario de revistas y jornadas y la composición del comité de seguridad y salud.

Las jornadas, revistas e inspecciones no son más que revisiones y conferencias periódicas para verificar el cumplimiento de la normativa de PRL/SEGOP. Las jornadas son conferencias anuales realizadas para concienciar a las dotaciones de la importancia de la PRL/SEGOP, las revistas son revisiones también anuales realizadas por la dotación de la unidad y por último las inspecciones son revisiones más exhaustivas realizadas bienalmente en los buques por grupos ajenos a la unidad.

2.2 Ergonomía

2.2.1 Definición

En la actualidad, la ergonomía puede ser definida como:

- Según la Asociación Internacional de Ergonomía: “la ergonomía es el conjunto de conocimientos científicos aplicados para que el trabajo, los sistemas, productos y ambientes se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona.” [8]
- Según la Asociación Española de Ergonomía: “la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.” [8]

2.2.2 Objetivos

La ergonomía tiene como objetivo optimizar el trabajo adaptándolo a las capacidades y posibilidades de las personas. Para ello se realiza un estudio detallado del diseño de los elementos enfocado a que los usuarios que vayan a hacer uso de ellos lo hagan con la mayor eficacia, seguridad y bienestar.

Actualmente, con los avances en la tecnología que nos facilitan la realización de nuestras tareas, es más común que los trabajadores se preocupen en mayor medida por las condiciones que reúne su puesto de trabajo y reclaman una mayor calidad de vida en ellos. Este concepto hace referencia a todas aquellas condiciones de trabajo que no son perjudiciales para la salud brindando a mayores oportunidades para que el trabajador se pueda desarrollar como persona.

Para ello es necesario hacer un estudio de prevención de riesgos laborales para identificar aquellos factores o elementos que podrían restar eficacia y seguridad al trabajo. De este modo, se trataría de poder reducirlos en la medida de lo posible, estudiar las características de los operadores y sus condiciones de trabajo para poder crear puestos de trabajo adaptados, promover la evolución de los entornos en los que trabajan los operadores para maximizar la eficacia de sus acciones de la forma más confortable posible, introducir nuevas tecnologías para facilitar el trabajo y fomentar un entorno en el que los trabajadores estén motivados y satisfechos con su trabajo. [8]

2.2.3 Factores que influyen en la ergonomía

2.2.3.1 Los colores, la luz y la iluminación

Los colores pueden provocar en los seres humanos distintas sensaciones como bienestar, malestar, actividad o pasividad. Aplicar ciertos colores en un entorno de trabajo puede conllevar un aumento en el rendimiento o una mejora en el estado de ánimo de una persona. Esta influencia del color se produce directa e indirectamente. De forma directa a través de fuerzas que emanan de cada uno de ellos como se puede apreciar en la Figura 2-2 e indirectamente produciendo un efecto espacial. Los colores cálidos son activos y excitantes y los fríos pasivos, tranquilizadores e íntimos. En un buque, como la elección de colores está restringida, se pueden emplear planchas o aplicaciones de madera que produzcan una sensación acogedora y de calidez. [9]

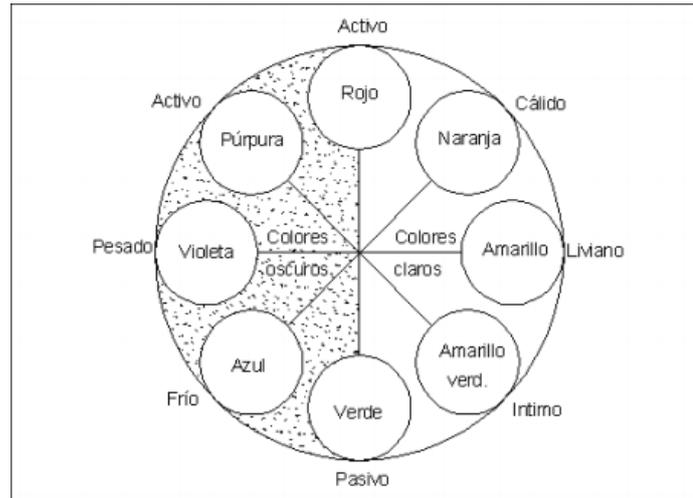


Figura 2-2 Los colores y su influencia en el hombre. Fuente: [9]

Del mismo modo, la iluminación del entorno de trabajo también afecta al rendimiento y al estado de ánimo de las personas. Por ello es necesario que el compartimento reciba cierta cantidad de luz natural y cierta cantidad de luz artificial, por lo que será necesario un buen diseño de las luminarias.

La luz natural es la mejor fuente de luz que podemos encontrar a bordo, por lo tanto un buen diseño de un compartimento tendrá en cuenta el máximo aprovechamiento de este tipo de luz siempre que no se vea afectada la seguridad del buque. El aprovechamiento de la luz natural además influye en una reducción de consumo energético. Pero no siempre es posible disponer de luz natural para la iluminación de los compartimentos, como sucede por ejemplo durante la noche, y por ello es necesario dotarlos de fuentes de luz artificial.

Siempre que la luz natural no pueda suplir las demandas de luminosidad necesarias para el desempeño de los trabajos a bordo, esta luminosidad debe ser proporcionada por fuentes de luz artificial. Esta puede ser proporcionada por una gran variedad de elementos luminosos pero en general debe poder asegurar la cobertura de las zonas que requieren de dicha iluminación.

Para lograr una buena iluminación, tanto la luz natural como la luz artificial deben proporcionar la luminosidad necesaria para que los trabajos se realicen bajo unos mínimos en cuanto a funcionalidad y ergonomía. Además, siempre que sea posible se buscará la mayor eficiencia energética sin que esta perjudique a los mínimos a los que se hace referencia anteriormente. Para ello hay que tener en cuenta varios factores.

En primer lugar hay que realizar una correcta disposición de los focos de luz para que no haya zonas de sombra ni zonas donde se produzcan redundancias de iluminación.

Otro factor a tener en cuenta es el nivel de iluminación necesario en cada estancia que se desea iluminar, que en entornos de trabajo normalmente oscila entre unos valores de entre 300 y 750 Lux.

También es necesario ajustar la dirección en la que la luz incide en el entorno de trabajo como se aprecia en la Figura 2-3. Se intentará que la luz sea proporcionada de manera lateral y de forma que su incidencia en los distintos equipos que se manejan no produzca reflejos. [10]

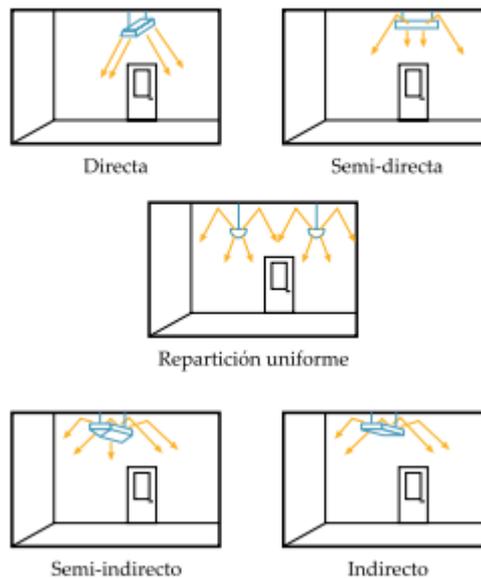


Figura 2-3 Distribución espacial de la luz proporcionada. Fuente: [10]

2.2.3.2 Vibraciones

Las vibraciones se propagan a través de los elementos estructurales del buque y afectan a las personas por el contacto de estas con los elementos que están sometidos a este fenómeno. Las vibraciones se pueden medir mediante vibrómetros que transforman las vibraciones en una señal eléctrica que permite cuantificar la aceleración producida por ellas. Para el estudio de las vibraciones desde un punto de vista ergonómico se utilizan métodos objetivos entre los que destacan los fisiológicos, los físicos o los biomecánicos. A partir de ellos y de distintas investigaciones han surgido diversas normas técnicas como la ISO 2631:1-1997. En ella podemos encontrar la descripción de diferentes métodos para medir las vibraciones y para evaluar sus efectos sobre la salud, confort, percepción y mareo producido por el movimiento tal y como se muestra en la Tabla 2-3. Además, en su anexo C encontramos la metodología para indicar la importancia de la vibración en el desempeño del trabajo. [11] [12]

Respecto a sus efectos sobre el confort, la norma ISO 2631:1-1997 realiza un estudio en un rango de frecuencias que va de 0,5 Hz a 80 Hz. En cuanto a la frecuencia de las vibraciones, el grado de malestar va aumentando conforme aumenta la frecuencia de la vibración hasta que se llega a un punto donde el cuerpo es capaz de atenuar las vibraciones y el malestar disminuye. Teniendo en cuenta la intensidad de la vibración, a partir de un valor límite se produce una activación sensorial que hace que el cerebro trabaje en exceso al tener que interpretar y manejar esa información extra. [11]

Respecto a sus efectos sobre la percepción, es necesario obtener el valor de la aceleración producida por las vibraciones con el mismo rango de frecuencias que en el apartado anterior en cada uno de los ejes sobre los que se apoya la persona y se selecciona el máximo valor obtenido, para posteriormente compararlo con un valor umbral obtenido a partir de datos experimentales. Para los valores superiores al valor umbral, la sensación de molestia aumenta con el tiempo de exposición. [11]

Respecto a sus efectos sobre el mareo producido por el movimiento, se observa que en las posiciones habituales en las que se trabaja en el puente de gobierno de un buque, que son de pie sentado, los movimientos ondulatorios que se producen a frecuencias inferiores a 0,5 Hz pueden llegar a producir mareos o náuseas, así como malestar viéndose afectada la capacidad de trabajo. El mareo asociado a las vibraciones se produce a través de exposiciones de horas de duración a estas. Para exposiciones de días a las vibraciones, el cuerpo es capaz de adaptarse y anular su efecto. [11]

La tripulación del buque no es consciente de estos factores y sin darse cuenta su conducta y eficiencia se ven alteradas. De este modo, la tripulación cuando recibe largos periodos de exposición a las vibraciones padece síntomas de fatiga que se traduce en un deterioro de la agudeza visual y una mayor lentitud en sus movimientos.

Evaluación de los efectos debidos a la exposición a vibraciones	Valores de aceleración (según ISO 2631-1:1997)
Confort (0,5 a 80 Hz)	$a < 0,315 \text{ m/s}^2$ no molesto $0,315 < a < 0,63 \text{ m/s}^2$ ligeramente molesto $0,5 < a < 1 \text{ m/s}^2$ bastante molesto $0,8 < a < 1,6 \text{ m/s}^2$ molesto $1,25 < a < 2,5 \text{ m/s}^2$ muy molesto $a > 2,5 \text{ m/s}^2$ extremadamente molesto
Percepción (0,5 a 80 Hz)	0.015 m/s^2 $(0,01 - 0,02) \text{ m/s}^2$
Mareo producido por el movimiento (0,1 a 0,5 Hz)	0,5 m/s

Tabla 2-3 . Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997) Fuente: [11]

2.2.3.3 Ruido y sonido

El sonido es un fenómeno vibratorio que se propaga a través de un medio elástico y que el oído humano es capaz de captar.

El ruido sin embargo, hace referencia a aquellos sonidos procedentes de fuentes aleatorias que se consideran molestos o indeseados para los distintos oyentes del mismo.

A partir de estas definiciones podemos afirmar que las vibraciones que percibimos por el oído se corresponden a sonidos y que si estos resultan molestos o indeseados, los sonidos pasan a considerarse ruidos.

El ruido presenta una serie de características como son la facilidad con la que se produce y se emite, la dificultad con la que se mide y cuantifica, tiene un menor radio de acción que otros fenómenos indeseados a que el ruido es localizado y que solo se percibe por el oído. [9]

El sonido está caracterizado por distintas propiedades físicas que son: la presión acústica, la frecuencia y la reverberación.

La presión acústica hace referencia a la diferencia de presión existente entre la atmosférica y la producida por una onda sonora que se propaga por un medio elástico. Como el rango de presiones audibles es muy extenso, se introduce el concepto de nivel de presión acústica y así, mediante una

escala logarítmica que permite medir los niveles de presión acústica en decibelios (dB), se acota el rango entre 0 dB que es el mínimo umbral de detección y 140 dB que es el umbral del dolor. [13]

La frecuencia o tono hace referencia a la variación de presión por segundo. Se mide en Hercios (Hz) y el rango de percepción va de 2 a 20000 Hz.

La reverberación es un factor que se produce cuando las ondas sonoras chocan con los distintos obstáculos y el trabajador recibe el sonido del choque inicial además de los reflejos en los distintos obstáculos, influyendo en su bienestar acústico. Para tiempos de reverberación elevados, se producen distorsiones que dificultan a audición de sonidos específicos, mientras que para tiempos de reverberación cortos, los sonidos suenan débiles. [13]

Respecto a los tipos de ruido, podemos encontrar ruidos continuos, intermitentes, variables y de impacto. Los ruidos continuos presentan un nivel constante respecto al tiempo. En los intermitentes el nivel varía escalonadamente. En los variables también varía el nivel de ruido pero lo hace de forma continua en el tiempo. Por último en los de impacto se producen picos de nivel sonoro en un espacio de tiempo muy reducido. [13]

Para su medición se emplean sonómetros y dosímetros. Los primeros Figura 2-4 miden el nivel de presión sonora de un ruido de forma directa y deben cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 61672:2005.



Figura 2-4 Sonómetro Tacklife SLM01. Fuente: [14]

Los segundos Figura 2-5 miden la exposición al ruido proporcionando un porcentaje de dosis de ruido recibido a lo largo de un determinado periodo de tiempo y deben cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 61252:1998 y su modificación UNE-EN 61252/A1:2003.



Figura 2-5 Dosímetro Extech SL400. Fuente: [15]

Respecto a los efectos producidos por el ruido, el más preocupante es la pérdida de capacidad auditiva que se puede producir por rotura del tímpano o por dislocación de los huesos del oído medio o por una lesión en las células del órgano de Corti.

Pero el ruido no solo produce efectos en el oído. El ruido puede tener efectos psicofisiológicos que a corto plazo afectan de forma que nuestra atención se centra en la fuente del ruido y a largo plazo pueden tener consecuencias cardiovasculares, hormonales e incluso pueden producir alteraciones del sueño. [13]

Teniendo en cuenta sus efectos subjetivos podemos hablar de que el ruido produce sensaciones de desagrado o molestia afectando de forma distinta a distintas personas bajo la misma exposición a este.

Sobre el comportamiento de los trabajadores, el ruido afecta al rendimiento teniendo un efecto nocivo en cuanto a tareas que requieren un nivel de atención exigente o un alto nivel de concentración aunque en algunas tareas puede llegar a tener un efecto estimulante, y al comportamiento social de estos ya que la presencia de ruido puede producir molestias que provocan cambios en el estado de ánimo y comportamiento de los trabajadores así como dificultades a la hora de comunicarse entre ellos.

Por último, el ruido también tiene su efecto en la seguridad. Normalmente los entornos de trabajo ruidosos son notablemente más peligrosos que los ambientes más silenciosos ya que debido al ruido se pierde información útil además de que por el mero hecho de tener un efecto negativo sobre la atención la probabilidad de cometer errores humanos aumenta considerablemente. [9]

2.2.3.4 Clima y ambiente térmico

En el diseño de un ambiente de trabajo es de vital importancia que las condiciones de clima y ambiente térmico existentes en este no supongan un riesgo para la seguridad o para la salud de los trabajadores. Para conseguir un ambiente térmico adecuado es necesario tener en cuenta una serie de factores que son la temperatura del aire, la humedad y la ventilación.

- La temperatura es la magnitud física empleada a la hora de cuantificar el grado o nivel de calor que contiene un cuerpo o el ambiente. La temperatura es un factor de gran importancia ya que es una necesidad fisiológica que permite mantener inalterada la capacidad de trabajo de las personas. Dependiendo de si la temperatura es demasiado elevada o en su defecto demasiado baja, se provocan una serie de trastornos psíquicos y

fisiológicos en los trabajadores ya que estos pondrán en marcha los mecanismos del cuerpo para hacer frente a estos desequilibrios.

La exposición a temperaturas elevadas provoca alteraciones sistemáticas, como son los golpes de calor, agotamiento, deshidratación o incluso calambres producidos por calor y trastornos psiquiátricos como fatiga o pérdidas de control emocional.

Por el contrario, la exposición a temperaturas frías produce confusión y pérdida de coordinación que sumado a la agitación corporal producida por el frío, provoca una gran pérdida de habilidad manual dificultando seriamente la realización de cualquier tipo de trabajo manual. A mayores, la exposición a temperaturas frías provoca una disminución de la capacidad de atención y un retardo en las reacciones de los trabajadores.

- La humedad es un factor que indica a cantidad de vapor de agua existente en el aire. Para cuantificarla se tienen en cuenta distintos índices. Estos son la humedad absoluta que es la cantidad de vapor de agua en gramos contenida en un metro cúbico de aire y la humedad relativa que es un índice que permite conocer lo cerca o lo lejos que se encuentra una masa de aire de la saturación, es decir, indica la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en relación con la máxima cantidad de vapor de agua que podría contener si alcanzase la saturación.

La presencia de humedad en el entorno de trabajo tiene distintos efectos negativos entre los trabajadores, los cuales varían dependiendo del nivel de humedad existente. Así, en entornos en los que existe una humedad débil, los trabajadores son más susceptibles a sufrir catarros e irritaciones en ojos, mucosas y vías respiratorias, mientras que en entornos con mayores niveles de humedad, se producen cambios de temperatura más significativos provocando situaciones en las que la realización de los trabajos se vuelve más costosa.

- La ventilación consiste en la renovación del aire de una determinada estancia de manera que permita un control sobre el ambiente bien por métodos naturales o bien por métodos mecánicos. Esto resulta de vital importancia a la hora de conseguir un entorno de trabajo saludable y confortable para los trabajadores. Según su propósito podemos diferenciar entre ventilación para control de la temperatura y ventilación para la extracción del aire contaminado de un determinado entorno mediante la renovación de este con aire limpio.

A continuación en la Tabla 2-4 se muestran las condiciones que deben de cumplirse en entorno de trabajo. [9] [16]

Factores	Valores
Temperatura	Trabajos sedentarios 17-27°C Trabajos ligeros 14-25°C
Humedad relativa	30%-70% Con riesgo de electricidad estática <50%
Velocidad del aire (ventilación)	Trabajos en ambientes no calurosos 0,25 m/s Trabajos sedentarios en ambientes calurosos 0,5 m/s Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos 0,75 m/s

Tabla 2-4 Condiciones en entorno de trabajo. Fuente: elaboración propia

2.2.4 Aplicación

El Juan Sebastián de Elcano acostumbra a prolongadas estadías en la mar, lo que implica que la tripulación pasa largos periodos de tiempo trabajando en sus instalaciones. Este motivo hace necesaria la implantación de una serie de comodidades que deriven de un buen diseño de estos espacios de trabajo con el objetivo de resguardar la salud física y emocional de las personas para que realicen sus tareas en condiciones óptimas evitando accidentes y reduciendo la fatiga de la tripulación. Esto se puede conseguir con un adecuado control de la temperatura, humedad, iluminación, ruidos y vibraciones. Para ello, las instalaciones deben de estar adecuadas en términos de mobiliario, equipamiento, materiales y arreglos internos.

2.3 Buques similares al Juan Sebastián de Elcano

Resulta de gran importancia para el desarrollo del presente trabajo estudiar los veleros escuela más modernos ya que esto nos permite tener una idea general de qué medidas se han incluido a lo largo de los años para mejorar la seguridad y la ergonomía respecto a un buque tan antiguo como lo es el Juan Sebastián de Elcano. Este estudio se puede realizar a partir de dos modernos buques escuela como son el Bima Suci y el BAP Unión entregados en 2017 y 2016 respectivamente.

2.3.1 Bima Suci

El KRI Bima Suci Figura 2-6, en español Buque de la República de Indonesia Bima Suci, es un velero escuela perteneciente a la Marina de Indonesia construido en los *Astilleros Freire* en Vigo cuya botadura tuvo lugar el día 17 de Octubre de 2016 siendo entregado e inaugurado el día 12 de Septiembre de 2017.



Figura 2-6 Buque escuela KRI Bima Suci. Fuente: [17]

Este buque cuenta con un aparejo de tipo bricbarca de tres palos con un velamen con una superficie de 3350 metros cuadrados, una eslora de 110 metros, una manga de 12,6 metros y con un calado de 5,5 metros. Estos datos hacen del Bima Suci uno de los veleros más grandes del mundo en su género. [17]

En cuanto a sus espacios interiores Figura 2-7 se pueden destacar las 5 cubiertas con las que cuenta este buque encargadas de albergar una dotación de hasta 200 tripulantes en sus más de 2000 metros cuadrados de extensión, entre los que podemos encontrar comedores, zonas de habitabilidad, aulas para la formación de los alumnos, oficinas y todo tipo de estancias.



Figura 2-7 Espacios interiores Bima Suci. Fuente: [17]

El diseño arquitectónico y la distribución de los espacios interiores han sido llevados a cabo por la empresa vasca/española *Oliver Design*, que ya en 2006 participó en una reforma realizada en el Juan

Sebastián de Elcano, la cual se presentó al concurso del proyecto de este buque junto a los *Astilleros Freire* y a la empresa alemana *Detlev Loell & Partners*, encargada de suministrar la jarcia y las velas. [17]

En cuanto al puente de gobierno de este buque Figura 2-8 destaca por ser un puente de gobierno cerrado por lo que en cuanto a ruidos, vibraciones y estrés térmico de la tripulación presenta una gran mejora respecto a otros buques cuyo puente de gobierno está al aire libre, como es el caso del Juan Sebastián de Elcano. Además, la instrumentación presente en el puente de gobierno del Bima Suci así como su organización, es simple y está enfocada a proporcionar un manejo fácil e intuitivo habiendo un predominio de elementos digitales para disminuir la fatiga visual del personal que tenga que hacer uso de ellos.



Figura 2-8 Puente de gobierno del Bima Suci. Fuente: [17]

2.3.2 BAP Unión

El BAP Unión (Buque de la Armada Peruana Unión) Figura 2-9 es un velero escuela perteneciente a la Marina de Guerra del Perú construido en los astilleros del SIMA (Servicios Industriales de la Marina) ubicados en la Base Naval del Callao en Perú. Su botadura tuvo lugar el día 22 de Diciembre de 2014 siendo entregado e inaugurado el día 27 de Enero de 2016. [18]

Este buque cuenta con un aparejo de tipo bricbarca de cuatro palos con un velamen con una superficie de 3500 metros cuadrados, una eslora de 115,5 metros, una manga de 13,5 metros y con un calado de 6,5 metros convirtiendo al BAP Unión en el segundo buque escuela más grande del mundo solo por detrás del STS Sedov ruso. [19]

La construcción de este buque se lleva a cabo gracias a la colaboración de los astilleros del SIMA con las empresas españolas CYPASA, con sede en Vigo, y Navantia, las cuales proporcionaron la asistencia técnica necesaria para el diseño estructural del buque. En este proyecto también ha cooperado la empresa vasca/española *Oliver Design*, que también estuvo presente en el proyecto del Bima Suci.

En cuanto al diseño de los espacios interiores así como la habitación y el equipamiento interior fueron adjudicados a la empresa española *Acopafi*, con sede también en Vigo, especializada en diseño, ingeniería y fabricación de acomodaciones interiores. Para llevar a cabo esta labor, *Acopafi* subcontrató a la empresa *Martínez Otero Contract* para casos como el mobiliario de las cámaras o los camarotes. Estos espacios interiores son los encargados de albergar a los 257 tripulantes que forman la

dotación de este buque en cuyo interior podemos encontrar desde aulas donde reciben su formación los alumnos hasta un auditorio. [20]



Figura 2-9 Buque escuela BAP Unión. Fuente: [19]



Figura 2-10 Comedor BAP Unión. Fuente: [21]

El puente de gobierno de este buque Figura 2-11, igual que el del Bima Suci, destaca por ser un puente de gobierno cerrado por lo que reúne todas las ventajas indicadas anteriormente en el capítulo 2.3.1 del presente trabajo.



Figura 2-11 Puente de gobierno del BAP Unión. Fuente: [22]

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Descripción

En este capítulo se van a plantear unas propuestas a raíz del análisis de la situación en la que se encuentra actualmente el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano en cuanto a seguridad de la navegación y de las personas y a la ergonomía del mismo. Para ello se verá qué aspectos se pueden mejorar y que elementos se pueden incluir para mejorar esos aspectos.

3.2 Análisis

3.2.1 Puente descubierto

Como se puede apreciar en la Figura 3-1, el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano es un puente descubierto por lo que todo el personal que trabaja en él se ve afectado por los diversos fenómenos meteorológicos existentes durante las largas travesías que realiza este buque. Además, este buque atraviesa regiones con climas de todo tipo, como por ejemplo el frío glacial de las regiones más australes del planeta en sus navegaciones por los canales patagónicos, los climas cálidos de las regiones tropicales cuando visita diferentes países del Caribe o las duras condiciones que reinan en el Atlántico Norte en sus viajes de regreso a España. Todos estos factores adversos que se encuentra el Elcano en sus viajes pueden originar daños en las personas y daños materiales e incluso alterar significativamente la actividad humana. Ante estos fenómenos el riesgo de accidentes aumenta considerablemente y la seguridad de las personas se reduce en consecuencia, por lo que se deben tomar una serie de medidas que restringen las actividades que se pueden realizar en este puente de gobierno siempre que estos fenómenos meteorológicos estén presentes.

Entre estos fenómenos meteorológicos encontramos en primer lugar las temperaturas extremas de frío y calor que tal y como se explicó en el apartado 2.2.3.4 Clima y ambiente térmico, la exposición a temperaturas elevadas provoca alteraciones sistemáticas, como son los golpes de calor, agotamiento, deshidratación o incluso calambres producidos por calor y trastornos psiquiátricos como fatiga o pérdidas de control emocional, mientras que la exposición a temperaturas frías produce confusión y pérdida de coordinación que sumado a la agitación corporal producida por el frío, provoca una gran pérdida de habilidad manual dificultando seriamente la realización de cualquier tipo de trabajo manual. A mayores, la exposición a temperaturas frías provoca una disminución de la capacidad de atención y un retardo en las reacciones de los trabajadores. [23]



Figura 3-1 Puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano. Fuente: Autoría propia

En segundo lugar, el viento es otro factor que afecta de forma muy significativa durante las travesías que realiza el Juan Sebastián de Elcano ya que en alta mar no existe ninguna forma de resguardarse de este fenómeno meteorológico y el puente descubierto de este buque no proporciona ningún resguardo ante este fenómeno. Este hace que disminuya la sensación térmica y a mayores puede provocar trastornos psicológicos como irritabilidad, depresión o nerviosismo, los cuales son estudiados por la biometeorología, en personas denominadas meteosensibles. [24]

Además de estos dos fenómenos, la exposición a radiaciones solares es un factor a tener en cuenta cuando se realizan trabajos a la intemperie ya que sin la adecuada protección a las radiaciones ultravioletas del sol, pueden provocarse desde quemaduras cutáneas hasta cáncer de piel o cataratas.

Por último pero no menos importante, así como el puente de gobierno actual no resguarda del viento, tampoco lo hace de las precipitaciones, ya sean en forma de lluvia, nieve o granizo. Las precipitaciones provocan numerosos inconvenientes a la hora de realizar trabajos y normalmente tienen un efecto negativo en la seguridad haciéndolos más peligrosos. Estos inconvenientes afectan a la seguridad de forma que se produce una reducción en la visibilidad y al humedecerse el pavimento pueden dar lugar a deslizamientos que pueden provocar un accidente. A mayores, también afectan al bienestar de los trabajadores ya que al mojarse, se produce una mayor pérdida de temperatura que sumada al efecto del viento y del frío del ambiente pueden provocar temblores, pérdida de habilidad manual o incluso hipotermia. [23]

Además de estos fenómenos meteorológicos adversos, otro punto importante a tener en cuenta a la hora de evaluar la seguridad de los integrantes de la dotación que trabajan en el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano es la posibilidad de que algún objeto salga proyectado hacia este golpeando o bien a alguno de los equipos existentes en él o a algún miembro de la dotación que en él se encuentre. En este buque se realizan trabajos de mantenimiento en la jarcia que se encuentra por encima del puente de gobierno como se puede apreciar en la Figura 3-2 por lo que cualquier objeto que caiga durante estos trabajos de mantenimiento podría caer golpeando al personal provocando lesiones serias o a algún equipo dejándolo inoperativo.



Figura 3-2 Personal trabajando en la jarcia. Fuente: Autoría propia

3.2.2 Equipos del puente de gobierno

En el puente de gobierno se encuentran ubicados diferentes equipos con los que se realizan las funciones habituales relacionadas con la navegación y mando del buque. Se analizarán los indicadores de viento de los anemocinémógrafos, los equipos existentes en la mesa de derrota, los equipos del puesto del timonel y las consolas de radar y WECDIS. A continuación, se lleva a cabo el análisis de cada uno de ellos.

3.2.2.1 Indicadores de viento

Un anemocinémógrafo Figura 3-3 es una combinación de veleta y anemómetro de cazoletas con salida gráfica que proporciona un registro continuo de dirección y velocidad del viento. Por veleta entendemos el instrumento meteorológico que indica la dirección del viento mientras que el anemómetro de cazoletas es el instrumento meteorológico más empleado a la hora de medir la velocidad del viento.



Figura 3-3 Anemocinémógrafo del palo trinquet del Juan Sebastián de Elcano. Fuente: Autoría propia

El Juan Sebastián de Elcano posee tres anemocinemógrafos, los cuales se distribuyen de tal forma que en la galleta del palo trinquete, que es el situado más a proa, existen dos y en la galleta del palo mayor proel, que es el segundo empezando por la proa se encuentra el tercero. Los datos de dirección y velocidad del viento obtenidos en estos instrumentos se representan gráficamente en los indicadores de viento situados en ambos alerones del puente de gobierno. Estos indicadores de viento son de la marca *Obsermet* modelo OMC-139. El OMC-139, Figura 3-4, proporciona información de la velocidad y dirección del viento relativo. Este indicador puede interpretar la información de varios sensores de velocidad y dirección del viento y mostrarla en un círculo formado por dos filas de leds. Estas filas indican la dirección del viento relativo y la variación media de su dirección. Respecto a la velocidad, el OMC-139 permite seleccionar entre distintas unidades de medida como m/s, nudos, mph, km/h y escala Beaufort. Este equipo permite además registrar la mayor y la menor ráfaga de viento medida presentándola en su pantalla. Por último, el OMC-139 permite ajustar el brillo de los leds adecuándolo a las distintas situaciones de luminosidad existentes en el puente de gobierno del buque.

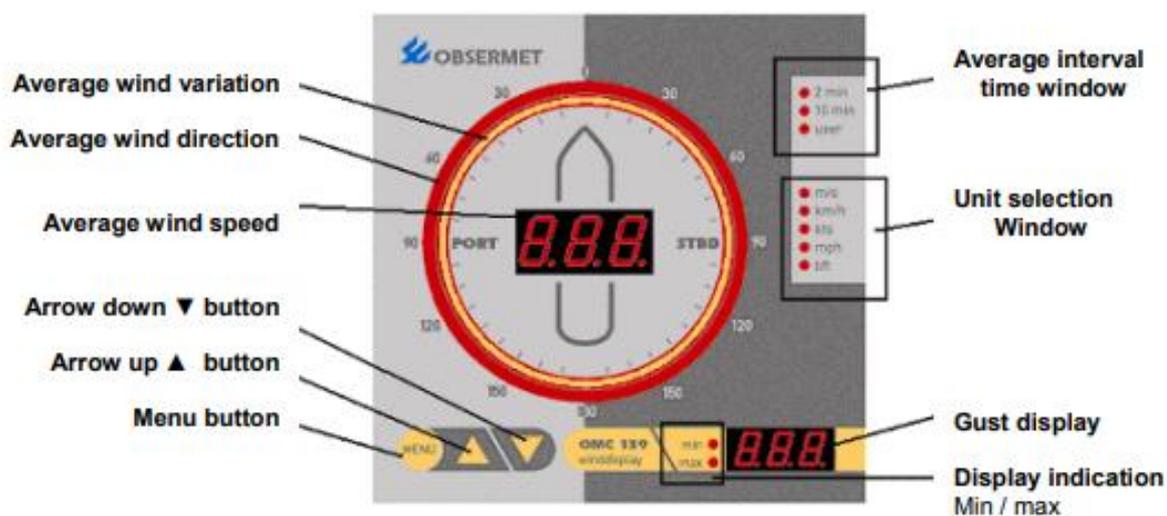


Figura 3-4 Explicación de la información mostrada en el OMC-139. Fuente: [25]

3.2.2.2 Equipos existentes en la mesa de derrota

La mesa de derrota, Figura 3-5, está situada aproximadamente en el punto medio entre la línea de crujía del puente y el extremo de babor del mismo. En ella se llevan a cabo distintas tareas como la actualización de la posición sobre la carta náutica o el registro en la crónica de los acaecimientos que tienen lugar a lo largo de las distintas singladuras.

Tal y como se puede observar en la Figura 3-5, en la mesa de derrota se encuentra una amplia variedad de equipos que se listan a continuación:

- Dos teléfonos UHF/VHF para radiocomunicaciones.
- Un equipo de órdenes generales.
- Un repetidor de central horaria.
- Un equipo de navegación GPS.
- Un sondador.
- Un teléfono de línea interna.

La mayor parte de estos equipos tienen un funcionamiento muy simple que se limita a pulsar un botón para hablar como en el equipo de órdenes generales o los teléfonos. Por otra parte, el sondador simplemente hay que encenderlo y apagarlo cuando se quieren ver los datos de las profundidades del mar. El repetidor de señal horaria por otra parte ni siquiera necesita ser manipulado ya que simplemente refleja la hora de la central horaria del buque. Además de ser fácilmente manipulables,

todos estos equipos que han sido mencionados anteriormente son empleados durante periodos de tiempo demasiado breves como para desentrañar problemas por su diseño. Por lo tanto, de entre todos los equipos listados en el comienzo de este apartado, el más relevante y que por lo tanto requiere ser estudiado es el equipo de navegación GPS. El modelo existente en la mesa de derrota del puente de gobierno de este buque es el SIMRAD MX420 (Figura 3-6).

El SIMRAD MX420 es uno de los equipos de navegación DGPS (GPS diferencial) más avanzados del mercado. Este sistema de navegación tiene una precisión GPS de 2,5 metros y DGPS de hasta 1 metro. Además, este equipo es capaz de conectarse a los sistemas de navegación existentes en el buque y permite que se introduzcan rutas. Durante dichas rutas el MX420 proporciona información de situación respecto al eje de la ruta, tiempo total de navegación, tiempo y distancia al siguiente cambio de rumbo y un gran número de funcionalidades a mayores de las ya nombradas. [26]



Figura 3-5 Mesa de derrota del puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano. Fuente: Autoría propia



Figura 3-6 SIMRAD MX420. Fuente: [26]

3.2.2.3 Puesto del timonel

El puesto del timonel está situado ligeramente a babor de la crujía del puente de gobierno. En este como se puede apreciar en la Figura 3-7 y en la Figura 3-8, podemos encontrar los siguientes equipos:

- La caña empleada para gobernar el buque a ambas bandas.
- Un repetidor de giroscópica para indicar los rumbos de giroscópica.
- Un indicador de grados de caña
- Una bitácora donde se representan los rumbos magnéticos

El repetidor de giroscópica recibe los datos de las dos giroscópicas MK-27 MOD.1 y presenta los rumbos, sin verse sometido a la influencia del campo magnético terrestre, en una rosa o indicador de rumbos que consiste en una escala graduada de 0 a 360 grados en la que se indica el rumbo de giroscópica que mantiene el buque. La lectura de esta rosa puede resultar tediosa pese a disponer de iluminación propia.

La bitácora es el soporte donde se haya la aguja magnética, la cual indica el rumbo seguido por el buque en virtud de las propiedades de los imanes y la existencia del campo magnético terrestre. La información de rumbo es presentada, igual que sucede en el repetidor de giroscópica, en una rosa. Del mismo modo que con el repetidor de giroscópica, la lectura de esta rosa puede resultar tediosa pese a disponer de iluminación propia.

El indicador de grados de caña es totalmente mecánico y consiste en una placa metálica graduada que indica los grados de caña mediante una aguja metálica que se mueve mediante un mecanismo solidario a la caña. De esta forma al girar la caña mediante una serie de engranajes se produce el movimiento de la flecha indicando los grados de caña. Este indicador carece de luz y debido a la falta de luz durante los periodos nocturnos, su lectura resulta complicada.

Estos equipos son completamente analógicos por lo que la lectura de los datos que ofrecen resulta relativamente complicada. Esto, además de poder desentrañar posibles riesgos para la vista, produce una mayor carga mental y fatiga visual requiriendo una mayor exigencia del personal que ocupa este puesto. De esta forma se ve también afectada la agudeza visual pudiendo producirse errores en la lectura de los datos presentados en estos equipos.



Figura 3-7 Puesto del timonel desde estribor. Fuente: Autoría propia



Figura 3-8 Puesto del timonel desde babor. Fuente: Autoría propia

3.2.2.4 Consolas de radar y WECDIS

Las consolas de radar y WECDIS se encuentran en el alerón de estribor del puente de gobierno sobre una estructura de madera como se muestra en la Figura 3-9. Esta estructura dispone de dos ventanas para la visualización de las pantallas y una pequeña puerta para la operación de los mandos de control de las mismas.



Figura 3-9 Estructura donde se encuentran las consolas de radar y WECDIS. Fuente: Autoría propia

En el compartimento de la izquierda de la estructura se encuentra la pantalla de la WECDIS (*Warfare Electronic Chart Display and Information System*) en inglés. La WECDIS es un sistema de ayuda a la navegación, para la representación de cartografía digital y diversa información referente a la navegación. Esta pantalla no es la WECDIS en sí, sino que es una mera pantalla de ordenador donde se representa la información de esta, la cual se maneja mediante un ratón.

En el compartimento de la derecha se encuentra la consola del radar. Esta consola es una *Sperry marine bridge master e-180* como la que se muestra en la Figura 3-10.

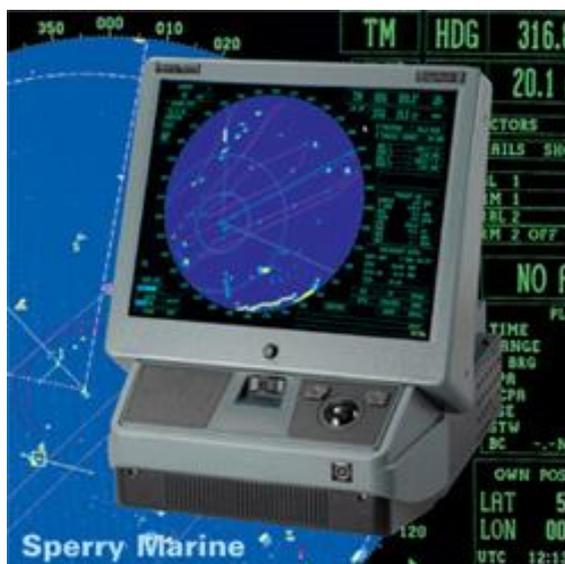


Figura 3-10 Consola bridge master e-180. Fuente: [27]

La estructura sobre la que se encuentran tanto la pantalla de la WECDIS como la consola del radar dificulta el uso de estos equipos, ya que restringe de manera considerable el espacio disponible para trabajar con ellos. A mayores, el cristal de la ventana de la estructura puede provocar reflejos que dificulten la visualización de los datos mostrados por estos equipos.

Además, existen equipos que pueden mostrar tanto la información que reciben del radar como de la WECDIS, por lo que la instalación de dos consolas idénticas facilitaría notablemente el trabajo a los

operarios. De este modo, estos operarios solo necesitarían aprender el funcionamiento de una consola para manejar dos equipos distintos en lugar de tener que conocer cómo funciona cada uno de estos equipos por separado.

3.3 Propuestas

3.3.1 Cubierta de cierre para el puente de gobierno

En este apartado se propone un diseño con el que se intentará paliar el efecto negativo de los fenómenos atmosféricos que condicionan el trabajo y la seguridad de las personas que trabajan en el puente de gobierno. Los datos de longitudes empleados en el escantillonado de esta cubierta son aproximados en base a los existentes actualmente, que en su día fueron proporcionados por *Bureau Veritas* que es la compañía que suele emplear la Armada Española para la certificación de sus obras en los buques.

La solución que se propone consiste en realizar una cubierta de cierre transitable siguiendo el ejemplo de los buques expuestos en el capítulo 2.3, tal y como se muestra en la Figura 3-11 para lo que se tienen que tener en cuenta las siguientes hipótesis:

- El peso de la estructura que soporta las antenas colocadas y el propio peso de las antenas.
- La disminución del módulo resistente debido a la pérdida de espesor por corrosión de los elementos de refuerzo y de las planchas de cubierta, y que esta debe ser capaz de aguantar el peso de nuevos equipos que se puedan instalar en un futuro.
- Carga permanente que incluye peso propio de la estructura, instalaciones, elementos auxiliares y equipos fijos.
- Carga permanente que incluye el peso de los equipos.
- La carga variable que incluye peso de provisiones y fluidos en tuberías y depósitos, siendo estas prácticamente despreciables
- El viento de operación, corrientes y oleaje o efectos asociados.
- Fuerzas de inercia.
- Contacto entre el agua de mar y la plancha de la cubierta, siendo esta prácticamente nula, ya que no se espera que el agua entre en contacto con la plancha al encontrarse esta forrada de madera y al esperarse una velocidad del agua sobre la misma inferior de 1,5 m/s.
- Número de personas que pueden encontrarse a la vez sobre la cubierta.



Figura 3-11 Puente cubierto del velero Bima Suci. Fuente: [17]

La cubierta tiene unas dimensiones aproximadas de 12 m de manga por 2 m de eslora. La propuesta estará constituida por planchas de acero naval calidad grado “A” de 8 mm de espesor, la cual se encontrará rigidizada por medio de:

- Baos, que actuarán de refuerzos principales. Estos baos son de perfil angular de lados iguales de 80 x 80 x 8 milímetros. El acero empleado en la elaboración de los baos será acero naval calidad grado “A”. Estos se encontrarán espaciados entre sí a 600 milímetros. La longitud total aproximada de estos es de 12 metros.
- Esloras, que actuaran como refuerzos secundarios. Estas esloras serán pletinas de 75 x 6 milímetros, construidas en acero naval calidad grado “A”, y espaciadas entre sí a 600 milímetros. La longitud total aproximada de las esloras es de 600 milímetros.
- Consolas o cartabones secundarios, de dimensiones 150 x 150 x 8 milímetros, en acero naval calidad grado “A”.

La cubierta descrita anteriormente se apoyará sobre puntales, construidos en acero naval calidad grado “A”, los cuales se definen a continuación:

- Puntales primarios macizos con unas dimensiones aproximadas de 5 metros de altura y 120 milímetros de diámetro exterior.
- Puntales secundarios que serán de perfil tubular macizos y cuyas dimensiones aproximadas son una longitud de aproximadamente 3 metros y un diámetro de aproximadamente 90 milímetros.

Los puntales primarios, se apoyarán sobre la regala. Las planchas de regala, sobre las que se apoyan los puntales primarios, serán reemplazadas por otras de idéntico espesor. Esta acción se realizará en ambas bandas, siendo el acero empleado acero naval calidad grado “A”.

La cubierta irá protegida frente a la corrosión mediante la aplicación del correspondiente esquema de pintado, según norma militar NM – P – 362 – MG 8ª Revisión, o su equivalente en vigor.

Una vez descrita la zona de acero de la cubierta, cabe destacar que irá forrada mediante listones de madera. La madera que se empleará para forrar la cubierta será madera de ukola, que es el tipo de

madera empleada en el Juan Sebastián de Elcano. De este modo el impacto visual de la nueva cubierta propuesta será mínimo y el buque mantendrá así su esencia de buque clásico. La cubierta se calafateará completamente con alquitrán y se colocará el sellador impermeable específico para el calafateado de cubiertas Sikaflex-290DC. Tras el calafateado y la aplicación del sellador, una vez se haya secado, se procederá a la realización de un lijado completo de toda la cubierta.

Para el apoyo de la estructura de la nueva cubierta se realizará e instalara, una nueva tapa de regala en madera de ukola, de aproximadamente unos 25 metros lineales, de 140 x 50 mm y de idéntico espesor a los instalados a bordo. Posteriormente se barnizará y se fijará mediante tornillería de acero inoxidable AISI 316.

El techo del puente de gobierno, tiene una superficie aproximada de 24 metros cuadrados. Se realizará con duelas en madera de ukola de 60 x 20 mm, y de idéntico espesor a las instaladas a bordo, barnizadas y fijadas con tornillos, arandelas y tuercas en acero inoxidable AISI 316.

Con respecto al forrado de madera de la cubierta, también se tendrá en cuenta que la madera llevará el correspondiente esquema de pintado hidrófugo e ignífugo, según norma militar NM – P – 362 – MG 8ª Revisión o su equivalente en vigor, además de emplear lana de roca para un buen aislamiento térmico y acústico de la misma.

La tornillería empleada en las zonas donde sea necesaria su aplicación será calidad AISI 316 con cabeza avellanada en las zonas de tránsito, con el objeto de evitar posibles caídas. El tipo de rosca y su longitud se ajustará a las diferentes necesidades de la instalación.

Respecto a la luminosidad en el interior, el diseño de las ventanas se realizará de tal forma que se intentará permitir el paso de la mayor cantidad de luz natural. Estas ventanas se dispondrán en la cubierta de tal forma que cumplan con lo establecido en el Convenio SOLAS en cuanto a visibilidad, teniendo en cuenta cómo debe ser la vista de la superficie del mar, los sectores ciegos admisibles, el campo de visión horizontal, la altura de las ventanas instaladas y el ángulo que deben tener para evitar reflejos, tal y como se explica en el apartado 2.1.1 del presente trabajo. En ellas será precisa la instalación de limpiaparabrisas para no perder visibilidad en caso de lluvia o de rociones de agua de mar. Se instalará luz general artificial con el objetivo de que en condiciones en las que la luz natural sea insuficiente, la artificial, elimine la falta de iluminación natural. El tipo de iluminación propuesto será general zonificada y en caso de ser necesario se instalarán focos de luz local teniendo siempre en cuenta el nivel mínimo de iluminación. Para la distribución y diseño de la ubicación de las luminarias, se procederá a aplicar las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (anexo IV del RD 486/ 1997 del 14 de abril).

A mayores, se implantará un sistema de climatización que junto al aislamiento térmico proporcionado por la lana de roca permita garantizar un ambiente térmico adecuado.

3.3.2 Sustitución de equipos del puente de gobierno

Tras el análisis realizado en el capítulo 3.2.2 de los equipos que podemos encontrar a bordo del puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano, se ha llegado a la conclusión de que la sustitución de algunos de estos mejorará las condiciones de trabajo de los operarios que hacen uso de estos equipos.

3.3.2.1 Indicadores de viento

Pese a ser de los equipos más importantes en el puente de gobierno ya que proporcionan la información de la velocidad y la dirección del viento relativo, tras el análisis de estos indicadores de viento no se han encontrado motivos relevantes para su sustitución por ningún otro equipo de características similares.

Debido a la gran relevancia que tiene el viento en la navegación de un buque como el Juan Sebastián de Elcano, ya que al tratarse de un buque a vela es su principal fuente de propulsión, también

resulta de especial relevancia que los datos que resultan de su medida sean presentados de una forma intuitiva para su correcta interpretación. En este aspecto, los indicadores OMC-139, presentes en ambos alerones del puente de gobierno, hacen una labor satisfactoria ya que su presentación con leds resulta muy intuitiva y permite una fácil comprensión de cómo está situado el viento relativo y de cuál es su velocidad. Además, permite distintas configuraciones y proporciona una amplia variedad de parámetros del viento. Aunque estos indicadores son consultados constantemente, el esfuerzo que requiere esta consulta es mínimo y un simple vistazo basta para comprender los datos que presentan estos indicadores, haciendo que no haya problemas de fatiga visual o de interpretación errónea de estos datos.

3.3.2.2 Equipos de la mesa de derrota

Tras el análisis realizado de los equipos existentes en la mesa de derrota del puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano, se llegó a la conclusión de que el único que merece un estudio para detectar deficiencias desde un punto de vista ergonómico es el equipo de navegación GPS SIMRAD MX420, por los motivos expuestos en el capítulo 3.2.2.2.

Igual que sucede con los indicadores de viento, tras el análisis de este equipo de navegación GPS se ha llegado a la conclusión de que no es necesaria su sustitución por otros equipos de características similares.

Del mismo modo que los indicadores de viento, el equipo de navegación GPS resulta de vital importancia en el aspecto de la seguridad en la navegación ya que indica con una gran exactitud la posición en la que se encuentra el buque. Además de proporcionar una posición prácticamente exacta, este equipo posee otras muchas funcionalidades tal y como se ha descrito en el capítulo 3.2.2.2. El MX420 incluye además una gran variedad de modos de visualización de forma que se pueda escoger el que más se adapte a los gustos del operario que hace uso de este equipo. Esta posibilidad, junto a la sencillez con la que se puede manipular este equipo, hace que en términos de ergonomía, el MX420 cumpla con todas las necesidades que se pueden esperar de un equipo de sus características.

3.3.2.3 Puesto del timonel

Tras el análisis realizado del puesto del timonel en el apartado 3.2.2.3, salta a la vista que el principal problema radica en la dificultad existente a la hora de visualizar la información que proporcionan los equipos que forman este puesto de trabajo, además de la disposición espacial de los mismos. Estos problemas pueden producir problemas de visión y desentrañan una mayor carga mental y fatiga visual requiriendo una mayor exigencia del personal que ocupa este puesto. De esta forma se ve también afectada la agudeza visual pudiendo producirse errores en la lectura de los datos presentados en estos equipos que en navegaciones de precisión pueden llegar a ocasionar hasta una colisión del buque.

Para solucionar este problema se propone implementar una pantalla digital con el fin de agrupar todos los equipos existentes en este puesto de trabajo en una sola pantalla. Con la implementación de una pantalla como la propuesta no solo se consigue focalizar la atención del operador en un solo punto en lugar de tener la atención puesta en tres equipos diferentes, sino que también se logra una reducción del espacio ocupado por estos equipos en este puesto de trabajo. Para que la pantalla propuesta cumpla con los estándares de ergonomía debe cumplir una serie de requisitos que se exponen a continuación:

- La imagen proporcionada debe ser estable, sin destellos ni centelleos.
- La pantalla debe permitir un ajuste de luminosidad y contraste entre la imagen presentada y el fondo adaptándose al entorno en el que se encuentra.
- La pantalla debe permitir ajustes de orientación e inclinación, adaptándose a los diferentes usuarios que hagan uso de ella.
- La pantalla debe evitar los reflejos que puedan producir las luminarias situadas en el compartimento en el que se encuentra.

Además de cumplir con estos requisitos en cuanto a la ergonomía, para lograr la implementación de los distintos equipos en la pantalla propuesta esta debe poder recibir e interpretar la señal que estos equipos proporcionan. Para ello hay que incluir un sensor que detecte la posición de la caña, para que a partir del cual se representen en la pantalla los grados de caña que hay metidos en cada momento. Además de este sensor, hay que digitalizar los datos que presenta la aguja magnética para que se puedan representar en la pantalla. Por último, la pantalla incluirá una entrada por donde recibir los datos de las dos giroscópicas con las que cuenta el Juan Sebastián de Elcano.

Teniendo en cuenta todos los factores que se han descrito previamente, el equipo que reúne todas las características que se requieren es el SIMRAD IS40 (Figura 3-12). Este equipo está compuesto por una pantalla LCD de 4.1 pulgadas a todo color y destaca por su facilidad de manejo e instalación. [28]



Figura 3-12 SIMRAD IS40. Fuente: [28]

3.3.2.4 Consolas de radar y WECDIS

Después de analizar las consolas de radar y WECDIS y la estructura sobre la que se encuentran, se puede sacar como conclusión que esta estructura dificulta el manejo de ambas consolas y que estas pueden ser sustituidas por otras que sean del mismo fabricante. De este modo se facilita el trabajo a los operarios de estas consolas, ya que así solo tienen que saber cómo funciona una de ellas en lugar de ambas por separado.

Para esto se propone el uso de las consolas multipropósito de la marca SAINSEL que permiten implementar los módulos ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), del radar de navegación, y la WECDIS. Estas consolas se implementarían en una estructura nueva similar a la que se puede observar en la Figura 3-13 pero adaptada al espacio existente en el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano.



Figura 3-13 Consolas SAINSEL distribuidas en distintos módulos. Fuente: [29]

4 RESULTADOS

4.1 Cubierta de cierre para el puente de gobierno

En el capítulo 3.2.1 del presente trabajo se llega a la conclusión de que el puente descubierto del Juan Sebastián de Elcano presenta una serie de deficiencias ergonómicas y de seguridad relacionadas con los efectos adversos que tienen los fenómenos meteorológicos sobre la tripulación que lleva a cabo su labor en este puente, además de otras deficiencias de seguridad que hacen referencia a la peligrosidad de que cualquier objeto que salga proyectado pueda impactar sobre algún equipo o trabajador que se encuentren en él.

La solución propuesta para paliar estas deficiencias, la cual se desarrolla en el capítulo 3.3.1 del presente trabajo, consiste en realizar una cubierta de cierre para el puente de gobierno. Con esta cubierta se consigue eliminar el efecto de todos los fenómenos meteorológicos que afectan al personal de forma negativa.

En primer lugar, el estrés térmico al que están sometidos los miembros de la dotación que trabajan en el puente de gobierno desaparece. Esto se consigue ya que gracias a la nueva cubierta propuesta, las personas que se encuentran en él no se ven afectadas por las condiciones de temperatura existentes en el exterior debido a la instalación de lana de roca que es un excelente aislante térmico y al sistema de climatización propuesto el cual permite mantener la temperatura en el puente de gobierno dentro de los valores mostrados en la Tabla 2-4 del capítulo 2.2.3.4.

En segundo lugar, el efecto del viento sobre el personal del puente de gobierno también desaparece ya que con la cubierta propuesta el puente de gobierno queda cerrado impidiendo la incidencia del viento sobre ellos ayudando a mejorar el ambiente térmico y eliminando el desarrollo de trastornos psicológicos relacionados con este fenómeno meteorológico.

También se reduce la exposición a la radiación solar evitando desde quemaduras cutáneas hasta cáncer de piel o cataratas.

Respecto a los distintos tipos de precipitaciones, ya sean de lluvia, nieve o granizo, y las consecuencias que sufría el personal del puente debido a ellas, gracias a la nueva cubierta propuesta, dicho personal queda protegido de este fenómeno meteorológico por lo que las consecuencias que se derivan de estos factores ya no tendrán repercusión alguna. De esta forma se mejora la seguridad evitando que debido a estas precipitaciones se produzcan deslizamientos, reduciéndose notablemente la probabilidad de accidentes y al mismo tiempo se mejora el bienestar del personal del puente ya que no se producirán pérdidas de temperatura al no encontrarse estos en contacto directo con la lluvia.

En cuanto a ruidos en el interior del puente, el hecho de emplear lana de roca hace que se consiga un buen aislamiento acústico reduciendo los ruidos procedentes del exterior del puente. La reducción de los ruidos es positiva para aumentar la seguridad ya que como se explica en el capítulo 2.2.3.3 los ruidos provocan pérdidas de atención que no solo pueden provocar accidentes sino que también afectan negativamente al rendimiento de los trabajadores.

La iluminación propuesta tanto natural como artificial garantiza que los factores adversos descritos en el capítulo 2.2.3.1 no tengan ningún efecto sobre el personal que trabaja en el puente de gobierno. Además, el hecho de que la cubierta propuesta esté realizada en madera, proporciona una sensación acogedora y de calidez beneficiosa para mejorar el estado de ánimo del personal.

A mayores, el hecho de que la cubierta propuesta sea transitable, hace que en ciertas maniobras del buque se pueda aprovechar esta característica que no estaba presente en el anterior puente de gobierno.

Por último, la nueva cubierta para el puente de gobierno protege al personal que en él trabaja de todo tipo de objetos que puedan salir proyectados hacia este, reduciendo el riesgo de accidentes producidos por el golpeo de estos objetos en el personal y de incidentes en los que estos objetos causen daños en los equipos existentes en el puente de gobierno.

4.2 Sustitución de equipos del puente de gobierno

Tras las propuestas realizadas en el apartado 3.3.2 en este capítulo se va a proceder a realizar el análisis de los resultados obtenidos a raíz de la sustitución de los equipos del puente de gobierno.

4.2.1 Sustitución de equipos en el puesto del timonel

En el capítulo 3.2.2.3 del presente trabajo, a raíz del análisis efectuado de los equipos existentes en el puesto del timonel, se llega a la conclusión de que la lectura de los datos que ofrecen estos equipos resulta relativamente complicada. Esto, además de poder desentrañar posibles riesgos para la vista, produce una mayor carga mental y fatiga visual requiriendo una mayor exigencia del personal que ocupa este puesto. De esta forma se ve también afectada la agudeza visual pudiendo producirse errores en la lectura de los datos presentados en estos equipos.

Por ello, en el capítulo 3.3.2.3 se propone como solución la sustitución de los equipos existentes mediante la implementación de una pantalla digital con el fin de agrupar todos los equipos existentes en este puesto de trabajo en una sola pantalla. Con la implementación de una pantalla como la propuesta se consigue una mayor focalización de la atención del operario y se reduce el espacio ocupado por estos equipos. Finalmente se ha llegado a la conclusión de que el equipo SIMRAD IS40

Con la implementación de esta pantalla se facilita la visualización de los datos de rumbo de giroscópica, rumbo de aguja y grados de caña del timón. Esto se debe a que los indicadores digitales son mucho más intuitivos que los analógicos y a que la atención del operario se centra en un solo punto en lugar de estar dispersa en tres equipos distintos. La facilidad en la visualización de los datos se traduce en una menor fatiga visual, en una reducción de la carga mental experimentada por los operarios y en la desaparición de los errores de lectura de los datos representados. A mayores, la posibilidad de realizar ajustes tanto en la presentación de los datos como en la inclinación y orientación de este equipo hacen que este se adapte perfectamente a los distintos usuarios que hagan uso de él.

4.2.2 Sustitución de las consolas de radar y WECDIS

En el capítulo 3.3.2.4 del presente trabajo se llega a la conclusión de que la estructura sobre la que se encuentran tanto la pantalla de la WECDIS como la consola del radar dificulta el uso de estos equipos, ya que restringe de manera considerable el espacio disponible para trabajar con ellos. También se concluye que de tratarse de consolas del mismo tipo se facilitarían la labor a los operarios de las mismas.

Por ello en el capítulo 3.3.2.4 se propone sustituir tanto la estructura como ambas consolas por unas consolas fabricadas por la casa SAINSEL que sean del mismo modelo.

Esta medida tiene como consecuencia que se facilita la operación de ambas consolas, cuyo uso se veía restringido anteriormente por la estructura en la que se encontraban. Además, el hecho de que las consolas sean del mismo modelo hace que baste con aprenderse el funcionamiento de una para poder emplear ambas sin problemas, facilitando de esta forma la labor de los operarios de las mismas.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este capítulo se realiza un análisis del cumplimiento de los objetivos planteados y se presentan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del presente trabajo.

Después de exponer las conclusiones obtenidas, se expone una serie de líneas futuras para la posible continuación del presente trabajo en los ámbitos que este no abarca.

5.1 Análisis y Conclusiones

El primer objetivo planteado consistía en llevar a cabo una investigación de la situación en la que se encuentra el puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano, analizándolo desde un punto de vista enfocado a la seguridad y a la ergonomía del mismo. Este objetivo se ha cumplido satisfactoriamente a raíz del estudio realizado a lo largo del estado del arte, que ha permitido que a la hora de analizar el puente de gobierno se detectasen las carencias que este presenta en cuanto a seguridad y ergonomía.

El segundo objetivo planteado consistía en realizar una serie de propuestas de diseño con el objetivo de subsanar todas las deficiencias de seguridad y las posibles mejoras en términos de ergonomía que se encontrasen durante la realización de la investigación realizada previamente. Para cumplir con este objetivo se han realizado diferentes propuestas.

La primera, que es la que mayor impacto tiene, ha consistido en proponer la implantación de una cubierta de cierre para el puente de gobierno al estilo de los grandes veleros actuales.

La segunda, ha consistido en la renovación de algunos de los equipos que tras el análisis realizado han mostrado mayores carencias en cuanto a ergonomía.

Ambas propuestas arrojan unos resultados que suponen una gran mejora en cuanto a la seguridad y la ergonomía del puente de gobierno, por lo que se puede asegurar que el segundo objetivo también se ha cumplido de manera satisfactoria.

Como conclusión final se puede decir que los objetivos planteados han sido cumplidos satisfactoriamente a lo largo del desarrollo del presente trabajo, ya que tras el análisis realizado, han surgido una serie de carencias que han sido subsanadas con las propuestas realizadas mejorando así el actual puente de gobierno del Juan Sebastián de Elcano.

5.2 Líneas futuras

Debido a que el ámbito del presente trabajo no incluye los cálculos de resistencia de materiales derivados de las propuestas realizadas a lo largo del mismo, resultaría de gran interés y constituiría una posible línea de continuación de este trabajo el realizar el estudio de los esfuerzos estructurales a los

que se vería sometida la estructura del puente de gobierno tras la implementación de todas las propuestas realizadas a lo largo del desarrollo de este trabajo. Para ello no solo habría que tener en cuenta el peso y la distribución de los nuevos elementos, sino que al realizarse la propuesta de una cubierta para el puente de gobierno, también hay que tener en cuenta que como el Juan Sebastián de Elcano navega por sitios con climas de todo tipo, podría darse el caso de que se produjese una acumulación de nieve sobre esta cubierta afectando al cálculo de estos esfuerzos estructurales.

Al añadir nuevos equipos e incluso una cubierta para el puente de gobierno, se está incorporando peso en zonas altas. Esto provoca un desplazamiento del centro de gravedad del buque viéndose afectada negativamente su estabilidad. Por ello, otra posible línea de continuación sería el estudio de la influencia de las medidas propuestas a lo largo del desarrollo del presente trabajo sobre la estabilidad del buque y qué medidas habría que implementar para contrarrestar el efecto negativo de la incorporación de pesos en zonas altas del buque.

Por último, la incorporación de nuevos equipos en el puente de gobierno hace que los requerimientos energéticos en este varíen. Esto podría dar lugar a una última línea de continuación para este trabajo. Esta línea de continuación consistiría en realizar el estudio energético de los equipos que se van a implementar en el puente de gobierno del buque para ver si la capacidad energética de este podría satisfacer la demanda energética de los nuevos equipos instalados.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Armada Española, «B.E. Juan Sebastián de Elcano,» [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/14Buqueescuela--01buque-escuela-juan-sebastian-de-elcano-a-71>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [2] Univisión noticias, «Noticias univisión,» 28 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.univision.com/noticias/el-buque-escuela-juan-sebastian-de-elcano-una-joya-de-la-armada-espanola>. [Último acceso: 26 Enero 2019].
- [3] Organización Marítima Internacional, «Organización Marítima Internacional,» [En línea]. Available: <http://www.imo.org/es/about/paginas/default.aspx>. [Último acceso: 2 Febrero 2019].
- [4] Organización Marítima Internacional, «Comités,» [En línea]. Available: <http://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Paginas/Default.aspx>. [Último acceso: 6 Febrero 2019].
- [5] Fundación Exponav, «Organización Marítima Internacional,» [En línea]. Available: <https://www.exponav.org/por-que-se-creo-la-omi-navegacion-segura-y-mares-limpios/>. [Último acceso: 6 Febrero 2019].
- [6] Organización Marítima Internacional, «Convenio SOLAS,» [En línea]. Available: [http://www.imo.org/es/about/conventions/listofconventions/paginas/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\)-1974.aspx](http://www.imo.org/es/about/conventions/listofconventions/paginas/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas)-1974.aspx). [Último acceso: 10 Febrero 2019].
- [7] Ministerio de Fomento, CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD DE LA VIDA HUMANA EN EL MAR, SOLAS 1974, 2010.
- [8] Asociación Española de Ergonomía, «Asociación Española de Ergonomía,» [En línea]. Available: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>. [Último acceso: 10 Febrero 2019].
- [9] Juan Carlos Leal Aguilar, «Distribución de espacios interiores y acomodaciones en buques mayores,» Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2002.

- [10] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Portal de ergonomía,» [En línea]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Iluminacion%20en%20el%20puesto%20de%20trabajo.pdf>. [Último acceso: 16 Febrero 2019].
- [11] María Gómez-Cano Alfaro, «Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento NTP 784,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/751a785/784%20.pdf>.
- [12] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Aspectos ergonómicos de las vibraciones,» Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/ERGONOMIA/Aspectos%20ergonomicos%20de%20las%20vibraciones.pdf>. [Último acceso: 20 Febrero 2019].
- [13] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Aspectos ergonómicos del ruido,» [En línea]. Available: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>. [Último acceso: 21 Febrero 2019].
- [14] Tacklife Tools, «Tacklife Tools,» [En línea]. Available: <https://www.tacklifetools.com/product/product/index/id/22>.
- [15] Extech, «Extech,» [En línea]. Available: <http://www.extech.com/SL400/>.
- [16] «RD 486/1997,» 1997 Abril 14. [En línea]. Available: http://www.unimat.es/upload/20071212162650.rd_486-1997.pdf. [Último acceso: 23 Febrero 2019].
- [17] Oliver Design, «Oliver Design,» [En línea]. Available: <http://oliverdesign.es/proyecto/buque-escuela-bima-suci/>. [Último acceso: 26 Febrero 2019].
- [18] Alejo Marchessini, «defensa.com,» 21 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://www.defensa.com/peru/marina-guerra-peru-incorpora-oficialmente-buque-escuela-vela-bap>. [Último acceso: 28 Febrero 2019].
- [19] SENER, «SENER,» [En línea]. Available: <http://www.ingenieriaconstruccion.sener/proyecto/barco-de-entrenamiento-de-vela-be-union>. [Último acceso: 28 Febrero 2019].
- [20] Jef 's Hard, «Academia,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/19050058/HISTORIA_BAP_UNION. [Último acceso: 28 Febrero 2019].
- [21] «Gestión,» [En línea]. Available: <https://gestion.pe/fotogalerias/bap-union-interior-segundo-velero-grande-mundo-236645?foto=7>.
- [22] El comercio, «El comercio,» [En línea]. Available: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/bap-union-conoce-buque-podras-visitar-gratis-noticia-472591>. [Último acceso: 28 Febrero 2019].

- [23] Fundación para la prevención de riesgos laborales, «Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.diba.cat/documents/467843/118493136/ARCH5810aeac982df.pdf/508cf2e5-2d63-4ba9-85ae-b96b5b65cefe>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [24] Aemet, «aemet,» [En línea]. Available: <https://aemetblog.es/2016/04/27/por-que-el-viento-influye-en-nuestra-salud-mental/>. [Último acceso: 20 Febrero 2019].
- [25] Obsermet, «Obsermet,» [En línea]. Available: http://dynamax.com/images/uploads/papers/OMC-138-139_manual_en_v1.10_.pdf. [Último acceso: 26 Febrero 2019].
- [26] SIMRAD, «SIMRAD,» [En línea]. Available: https://www.navico-commercial.com/Root/SimradProSeries_docs/MX420_Install%20manual.pdf. [Último acceso: 26 Febrero 2019].
- [27] SPERRY MARINE, «SPERRY MARINE,» [En línea]. Available: <https://www.telemaruk.com/index/marine-navigation/radar-equipment/bridgemaster-epa.html>. [Último acceso: 28 Febrero 2019].
- [28] SIMRAD, «SIMRAD,» [En línea]. Available: <https://ww2.simrad-yachting.com/es-ES/Productos/Productos-Descatalogados/IS40-Display-es-es.aspx>. [Último acceso: 2 Marzo 2019].
- [29] SAINSEL, «SAINSEL,» [En línea]. Available: <https://sainsel.eu/sainsel-en-los-nuevos-buques-de-accion-maritima/>. [Último acceso: 2 Marzo 2019].