



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Redacción de Normativa Acústica Tipo (parámetros, proceso de toma de datos, valores límite) para el diagnóstico del confort acústico y vibratorio a bordo de buques

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Isaac López Jiménez

DIRECTOR: Francisco Javier Rodríguez Rodríguez

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Redacción de Normativa Acústica Tipo (parámetros, proceso de toma de datos, valores límite) para el diagnóstico del confort acústico y vibratorio a bordo de buques

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_deVigo

RESUMEN

Las condiciones acústicas y vibratorias en los navíos y otras instalaciones marítimas son esenciales para proporcionar la comodidad de la tripulación. En este sentido, la normativa de gestión se rige sobre todo por el Código sobre Niveles de Ruido a Bordo de los Buques, aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI) el 19 de noviembre de 1981, así como, cuando lo acuerdan los interesados, por los criterios establecidos en el dictamen definido por la certificadora Boreau Veritas.

El presente TFG pretende abordar los aspectos clave para la redacción de una normativa tipo, considerando los puntos de encuentro y divergencias que presentan los documentos existentes en la temática (a modo de etapa de inicio de otras líneas futuras), como aportación de la Defensa a la temática evaluada. De este modo, la redacción del presente Trabajo se sustenta en los siguientes principios básicos o factores condicionantes:

- Estudio comparativo de la documentación técnica y normativa existente y la identificación de puntos fuertes enriquecedores.
- Un pormenorizado análisis de los requisitos abordados en la normativa anterior.
- El conocimiento de los niveles de ruido y de los protocolos de medida del mismo obtenidos por la experiencia en la realización de inspecciones de ruido ambiental y ensayos de aislamiento.
- El conocimiento de la realidad acústica a bordo de los buques de la Armada.

En conclusión, el presente documento posee pues, la finalidad de proporcionar normas con las que gestionar niveles de ruido potencialmente peligrosos y crear un entorno aceptable para el personal de las FF.AA a bordo de nuestros buques.

El objeto es, por tanto, conseguir condiciones de trabajo seguras tomando en consideración la necesidad de que haya comunicación oral; percepción de las alarmas acústicas; creación de un ambiente en el que sea posible tomar decisiones lúcidas en los puestos de mando, espacios de gobierno y radiocomunicaciones y espacios de máquinas con dotación; proteger a la gente de mar de niveles excesivos de ruido que puedan dar lugar a una disminución de la facultad auditiva y proporcionarles la comodidad suficiente en los espacios destinados al descanso y al recreo, y, en otros, además, de las condiciones que permitan recuperarse de los efectos de la exposición a niveles de ruidos elevados.

PALABRAS CLAVE

Normativa acústica, buque, límite, exposición, ordenanza tipo

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a mi mujer su apoyo, comprensión y paciencia durante estos cinco años, en los que le robé, no sólo el tiempo que le correspondía a ella sino que además, no pude acompañarla cuando más me necesitó.

A mis padres por que nunca me dejaron sólo, ni dejaron de creer en mí y que son el motor de mi vida. No me cansaré de luchar e intentar hacerlo cada vez mejor para que nunca dejen de sentirse orgullosos de mí.

Y por último a mi tutor, D. Francisco Javier Rodríguez Rodríguez, ya que sin cuya ayuda y consejos este trabajo hubiese sido irrealizable.

CONTENIDO

Contenido	5
Índice de Figuras	8
Índice de Tablas.....	9
1 Introducción y objetivos	11
1.1 Introducción	11
1.2 Objetivos	12
2 Estado del arte: Documentos existentes en la temática	15
3 Desarrollo del TFG: Redacción de Normativa Tipo	17
3.1 Definiciones	17
3.2 Capítulo 1 de la Normativa Tipo: Ambito de aplicación	25
3.2.1 Planteamiento General	25
3.2.2 Organismo Maritimo Internacional (OMI)	25
3.2.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship	26
3.2.4 Estandares de Habitabilidad para Buques de Nueva Construcción	26
3.2.5 Comf-Noise de Boreau Veritas	27
3.2.6 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering	28
3.2.7 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido	28
3.2.8 Solucion Adoptada	29
3.3 Capítulo 2 de la Normativa Tipo: Equipos de medición.....	31
3.3.1 Planteamiento General	31
3.3.2 Organismo Maritimo Internacional (OMI)	31
3.3.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship	32
3.3.4 Comf-Noise de Boreau Veritas	33
3.3.5 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido	33
3.3.6 Solucion Adoptada	34
3.4 Capítulo 3 de la Normativa Tipo: Factores condicionantes para la realización de las medidas sonoras	37
3.4.1 Planteamiento General	37
3.4.2 Organismo Maritimo Internacional (OMI)	37
3.4.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship	42
3.4.4 Comf-Noise de Boreau Veritas	44
3.4.5 Solucion Adoptada	45

3.5 Capítulo 4 de la Normativa Tipo: Niveles acústicos máximos de referencia	47
3.5.1 Planteamiento General	47
3.5.2 Organismo Maritimo Internacional (OMI)	49
3.5.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship	50
3.5.4 Estandares de Habitabilidad para Buques de Nueva Construcción	50
3.5.5 Comf-Noise de Boreau Veritas	52
3.5.6 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering	53
3.5.7 Solucion Adoptada	54
3.6 Capítulo 5 de la Normativa Tipo: Límites de exposición al ruido	57
3.6.1 Planteamiento General	57
3.6.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)	57
3.6.3 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering	58
3.6.4 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido	59
3.6.5 Solucion Adoptada	59
3.7 Capítulo 6 de la Normativa Tipo: Aislamiento Acústico	61
3.7.1 Planteamiento General	61
3.7.2 Organismo Maritimo Internacional (OMI)	65
3.7.3 Comf-Noise de Boreau Veritas	65
3.7.4 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering	66
3.7.5 Solucion Adoptada	66
3.8 Introducción a las vibraciones a bordo de los buques	68
3.8.1 Planteamiento General	68
3.8.2 Definiciones	69
4 RESULTADOS: Texto de Normativa Tipo	71
4.1 Capítulo 1: Ámbito de aplicación	72
4.2 Capítulo 2: Equipos de medición	72
4.3 Capítulo 3: Factores condicionantes para la realización de las medidas sonoras	73
4.4 Capítulo 4: Niveles acústicos máximos de referencia	73
4.5 Capítulo 5: Límites de exposición al ruido	75
4.6 Capítulo 6: Aislamiento Acústico	75
5 Conclusiones y líneas futuras	77
5.1 Conclusiones	77
5.2 Líneas futuras	77
Bibliografía	79
Anexo I: Métodos que se sugieren para reducir la exposición al ruido	81

Anexo II: Informe sobre el estudio de ruidos a bordo.....	87
Anexo III: Procedimiento simplificado para determinar la exposición al ruido	93
Anexo IV: Resolución IMO A.343 (XII) “Recomendaciones sobre métodos para medir niveles de ruido en los puestos de escucha de los buques”	97
Anexo V: Ejemplo de informe de medidas in situ en un buque.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1-1 Curva de referencia ISO R-717	20
Figura 3.5-1 Niveles percentiles (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”).....	48
Figura 3.5-2 Niveles presión sonora (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”).....	48
Figura 3.5-3 Evaluación de las curvas del ruido (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”)	48
Figura 3.5-4 Límites nivel ruido OMI.....	49
Figura 3.5-5 Límites de ruido Stanag 4293	50
Figura 3.5-6 Límites nivel de ruido EMA.....	52
Figura 3.5-7 Límites nivel de ruido Boreau Veritas.....	53
Figura 3.5-8 Límites nivel de ruido Mil-Std 1472	54
Figura 3.5-9 Cuadro resumen.....	56
Figura 3.6-1 Resumen niveles exposición OMI.....	58
Figura 4.1-1 Límites propuestos.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1-1 Curvas ponderación A.....	18
Tabla 3.1-2 Suma niveles presión sonora.....	24
Tabla 3.1-3 Espectro normalizado ponderado A.....	24
Tabla 3.7-1 Resumen índices (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”)	64
Tabla 3.7-2 Aislamiento a ruido de impacto (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”)	64

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

La contaminación acústica implica la presencia de ruido cuando éste se considera como un agente contaminante, es decir, cuando se convierte en un sonido molesto y no deseado que puede ocasionar efectos adversos sobre el ser humano, tanto desde el punto de vista fisiológico como psicológico.

La *Directiva Europea 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*, traspuesta a la legislación española por la *Ley 37/2003*, de 17 de noviembre, define el ruido ambiental como “*el sonido no deseado o nocivo generado por la actividad humana*”. Incluso éste, es definido como agente contaminante del medio ambiente en la Conferencia de Estocolmo de 1972.

La contaminación acústica produce una serie de efectos sobre la actividad cotidiana, interfiriendo en muchos de los casos la comunicación hablada, alterando el sueño, afectando al descanso, a la relajación y la concentración e incluso puede generar enfermedades auditivas, de tipo nervioso o cardiovascular.

A este respecto, la OMS (Organización Mundial de la Salud) alerta sobre el hecho de que el ruido puede acortar nuestras vidas.

Los efectos derivados de la presencia de contaminación ambiental, dependen de la intensidad del sonido, la frecuencia y el tiempo de exposición al que nos encontremos sometidos.

La contaminación acústica forma parte de la casuística laboral, pues la exposición al ruido puede ser muy importante si existen fuentes de agresión auditiva.

Pero el sonido no tiene que poseer un elevado nivel de presión sonora para provocar problemas en el lugar de trabajo pues, además, puede interactuar con otros peligros profesionales e incrementar los riesgos que corren los trabajadores.

La prevención de riesgos laborales pretende contemplar estos riesgos, aunque no siempre se llevan a cabo o se evitan.

Sobre la seguridad y la salud de los trabajadores existen diversos Convenios de la Organización Internacional de Trabajo, ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico.

En el ámbito de la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido ha sido adoptada la *Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 6 de febrero de 2003*, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) del que emana el Real Decreto 286/2006.

Por otra parte, la mención de ruido implica que tiene que ser medido y cuantificado. Así pues, el parámetro físico que debemos cuantificar es la presión acústica respecto a un nivel de referencia que será el mínimo audible por el ser humano empleando la escala dBA (decibelio A).

En este contexto, a pesar de que las condiciones de navegación han mejorado mucho, a día de hoy, la vida del hombre en el mar sigue siendo dura, difícil y arriesgada. La dureza y las condiciones en que los trabajadores desempeñan su trabajo a bordo, el prolongado aislamiento de los tripulantes, las condiciones adversas del medio marino, la ausencia de instalaciones, la falta de medidas de prevención, etc., son factores que influyen en los riesgos laborales a los que se encuentran expuestos.

Todo ello implica, que el trabajador, por el hecho de permanecer en el buque, se puede ver sometido a niveles elevados de presión sonora, generando falta de confort, que puede dificultar el descanso, y que puede afectar a su capacidad auditiva.

Además, los objetivos últimos de cualquier programa de actuación de ruido ambiental suelen consistir en reducir los niveles medios de exposición que estén por encima de 65 dBA, garantizar que no se sobrepase el nivel de 85 dBA, no incrementar el porcentaje de población expuesta a niveles medios entre 55 y 65 dBA y que el nivel de exposición en zonas tranquilas no supere los 55 dBA. El ruido, por lo tanto, debe estar integrado en los mecanismos administrativos de protección del medioambiente por medio de un planeamiento que contemple la salud, el bienestar y la calidad de vida.

1.2 Objetivos

Como se señaló en la introducción, el ruido ambiental fue considerado como contaminante en el Congreso Mundial del Medio Ambiente celebrado en 1972 en Estocolmo, lo que implicaba la toma de medidas protectoras y correctoras ante ese nuevo contaminante que afecta a un solo sentido.

A la hora de abordar un tema de tanta repercusión para la vida cotidiana del hombre de mar, y más concretamente nos situaremos dentro del ámbito de las Fuerzas Armadas, nos encontramos con el hecho de que no existe una sola publicación que regule o establezca de forma inequívoca los límites de ruido aéreo a bordo de nuestros buques, sino que varios documentos guía o publicaciones se utilizan a modo de referencia, ninguna de ella con carácter vinculante, y en la mayoría de los casos no pudiéndose establecer relaciones entre ellas.

Desde el punto de vista metodológico, sería más conveniente que hubiese un texto único, consensuado en determinados puntos concretos, y dejar libertad para aquellos otros temas específicos, adaptados a la idiosincrasia del ámbito militar.

El presente TFG pretende analizar las publicaciones o documentos que a nivel de la Armada se utilizan como referencia para la construcción de nuevos buques, principalmente desde tres puntos de vista: los valores máximos de exposición, los valores máximos instantáneos y equivalentes y los valores sobre ruido aéreo.

Con todos los condicionantes indicados, se presenta este TFG en el cual se pretende desarrollar una normativa tipo de gestión acústica, teniendo en cuenta tres fases diferenciadoras para cada capítulo: Planteamiento general, normativa específica y una propuesta de solución.

Se realiza una división de los capítulos muy similar a la distribución que realiza en su documento la OMI, debido a que, tras el análisis de toda la documentación, es la que más se ajusta a las intenciones del presente trabajo.

En este sentido, se ha consultado:

- *Directiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.*
- *Resolución de la OMI, MCS 337(91) "Código sobre niveles de ruido a bordo de buques".*
- *Regla II-1/3-12 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) 1974.*
- *STANAG 4293 "Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship" (1990).*
- *Estandares de Habitabilidad para Buques de la Armada (2010).*
- *ANEP-24 "Guidelines for Shipboard Habitability Requeriments for Combatant Surface Ship".*
- *ANEP-26 "Ergonomic data for Shipboard Space Desig in NATO Surface Ship".*
- *Clasificación COMF-NOISE de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.*
- *MIL-STD 1472G "Desig Criteria Standard Human Engineering" (2012).*
- *El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.*
- *El Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.*

De este modo, la redacción del presente Trabajo se sustenta en los siguientes principios básicos o factores condicionantes:

- Estudio comparativo de la documentación existente y la consiguiente identificación de puntos fuertes enriquecedores.
- Un pormenorizado análisis de la consiguiente adopción de los requisitos abordados.
- El conocimiento de los niveles de ruido y de los protocolos de medida del mismo obtenidos por la experiencia en la realización de inspecciones de ruido ambiental y ensayos de aislamiento.
- El conocimiento de la realidad acústica a bordo de los buques de la Armada.

En conclusión el presente documento, tiene, pues la finalidad de proporcionar normas con las que gestionar niveles de ruido potencialmente peligrosos a bordo de los buques y crear un entorno aceptable para el personal de las FF.AA a bordo de nuestros Buques.

El objeto es, por tanto, conseguir condiciones de trabajo seguras tomando en consideración la necesidad de que haya comunicación oral, percepción de las alarmas acústicas, creación de un ambiente en el que sea posible tomar decisiones lúcidas en los puestos de mando, espacios de gobierno y radiocomunicaciones y espacios de máquinas con dotación, proteger a la gente de mar de niveles excesivos de ruido que puedan dar lugar a una disminución de la facultad auditiva y proporcionar a la gente de mar comodidad suficiente en los espacios destinados al descanso y al recreo, y en otros además, de las condiciones que permitan recuperarse de los efectos de la exposición a niveles de ruidos elevados.

2 ESTADO DEL ARTE: DOCUMENTOS EXISTENTES EN LA TEMÁTICA

El primer documento o normativa y que se utiliza como referencia para los niveles de ruido, es la *resolución de la OMI (Organización Marítima Internacional) MCS 337(91), "Código sobre niveles de ruido a bordo de buques"*, que entró en vigor el 14 de julio de 2014, quedando derogada la anterior resolución A.468 (XII).

Este Código se elaboró para proporcionar normas internacionales para la protección contra el ruido en virtud de la regla *II-1/3-12 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS)*, 1974. Aunque el Código se considera jurídicamente como un instrumento obligatorio en virtud de lo dispuesto en el Convenio SOLAS, determinadas disposiciones del mismo mantienen su carácter recomendatorio o informativo.

Especifica, además, la *resolución MCS 337(91)* en su preámbulo que el citado Código se elaboró para buques de pasaje y los buques de carga tradicionales, pero que debería reconocerse su plena aplicación a buques que difieren considerablemente de los tipos de buques tradicionales, por lo que podrían exigir un examen específico.

La otra publicación que se utiliza como referencia para los valores máximos de ruido aéreo es la *STANAG 4293 "Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship"* del año 1990. Este documento especifica como ámbito acústico los buques de superficie de la OTAN, en cuanto a los niveles máximos de ruido, curvas de valoración de ruido y niveles de aislamiento acústico.

Nos referiremos en el presente TFG a otras publicaciones que si bien no son referencia en términos de valores máximos de referencia, lo son en relación con la seguridad y la salud en el trabajo a bordo de los buques.

Analizaremos la publicación del Estado Mayor de la Armada "*Estandares de Habitabilidad para Buques de la Armada*" (2010), basada en los estándares requeridos para los modelos de los buques de la US Navy. Las siguientes publicaciones: *ANEP-24 "Guidelines for Shipboard Habitability Requeriments for Combatant Surface Ship"* y *ANEP-26 "Ergonomic data for Shipboard Space Design in NATO Surface Ship"* sirvieron como guía durante los últimos 15 años, aplicados por ejemplo, para la construcción de los buques de operaciones anfibias "Galicia" y "Castilla" y BAC "Patiño", así, la Armada mejoró notablemente las condiciones de bienestar, tanto de las dotaciones como de la fuerza

embarcada, sin dejar de lado la operatividad requerida. En esta publicación se establecen como referencia unos límites sonoros en función de los tipos de espacios y la categoría del ruido.

Por otra parte, la actividad fundamental de las sociedades de clasificación es la asignación al buque de una clase que asegure que está diseñado, construido, equipado y mantenido de acuerdo a las Reglas de la Sociedad, extendiendo, a tal efecto certificados, que acreditan esta condición.

La Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS), con sede en Londres, es un órgano consultivo de la Organización Marítima Internacional (OMI) y permanece como la única organización gubernamental con título de observador autorizada a desarrollar y aplicar reglas.

Permitir que las sociedades de calificación realicen el trabajo de certificación de elementos de unidades militares, de bajo riesgo técnico, permite que las Armadas centren todos sus recursos de ingeniería en áreas de alto riesgo técnico y específicamente militares.

La Armada ha trabajado y exigido en sus últimas construcciones navales la *clasificación COMF-NOISE* de Bureau Veritas (BV), líder en clasificación y certificación.

Otra publicación que analizaremos en este TFG en la que aparecen reflejados límites de ruido aéreo es la publicación de la Armada Norteamericana *MIL-STD 1472G “Design Criteria Standard Human Engineering”*, que se convierte en una referencia de gran calidad, especialmente en la distribución de los espacios ya que, además de tener en cuenta los de la OMI añade los espacios propios de un Buque de Guerra.

Finalizaremos hablando, del *Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido*, especifica una serie de acciones a desarrollar para reducir el ruido en las empresas y, en función del riesgo soportado por los trabajadores, adoptar una serie de medidas mínimas de prevención. En concreto un extracto de su Artículo 4 (disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición) refleja: “Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen”.

3 DESARROLLO DEL TFG: REDACCIÓN DE NORMATIVA TIPO

3.1 Definiciones

Se desarrollan en este capítulo las definiciones necesarias para la completa comprensión del presente documento:

Acondicionamiento acústico: Desde el punto de vista del Código Técnico de la Edificación el acondicionamiento acústico puede definirse como la adopción de medidas relativas a la instalación de materiales absorbentes encaminadas a disminuir los niveles de ruido en las zonas comunes del interior de los edificios para que no afecten a los recintos sensibles contiguos, disminuir los niveles de ruido en restaurantes y comedores y mejorar la inteligibilidad de la palabra en aulas y salas de conferencias.

Aislamiento acústico: Aplicación de medidas encaminadas tanto a la disminución de la energía acústica transmitida entre locales como a la obtención de unos niveles de ruido de fondo adecuados para el correcto desenvolvimiento de las actividades en los diferentes recintos en función de su uso.

Alerones del puente de navegación: Partes del puente de navegación que se extienden hacia los costados del buque.

Bandas de octava y de tercio de octava: Una octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior. Un tercio de octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada f_1 y una frecuencia f_2 relacionadas por la expresión $(f_2/f_1)^3 = 2$.

Las frecuencias centrales de las bandas de octava normalizadas son 31, 62, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 y 16.000 Hz.

Buque nuevo: Buque al que le sea de aplicación la regla II-1/3-12.1 del Convenio SOLAS.

Coeficiente de absorción acústica: Coeficiente adimensional empleado para evaluar las propiedades de absorción de un material y que representa la relación entre la energía absorbida (E_a) y la energía incidente (E_i) por unidad de superficie:

$$\alpha = E_a/E_i$$

Sus valores se hallan comprendidos entre 0 y 1, lo cual representa muy poca absorción o una gran absorción, respectivamente. Además, para un mismo material, el coeficiente de absorción acústica varía en función de la frecuencia del sonido incidente.

Curvas de ponderación A: Dado que el oído humano no percibe igualmente todas las frecuencias, sino que posee diferentes grados de sensibilidad dependiendo de ellas, se emplea la escala de ponderación A, que corrige los niveles de presión sonora en función de la frecuencia para adaptarse a este condicionante. De este modo, los resultados obtenidos se expresan en dBA. La siguiente tabla refleja las ponderaciones para las distintas frecuencias:

Fr. (Hz)	Pond. A	Fr.(Hz)	Pond. A
6	-56.7	630	-1.9
20	-50.5	800	-0.8
25	-44.7	1000	0
31.5	-39.4	1250	+0.6
40	-34.6	1600	+1
50	-30.2	2000	+1.2
63	-26.2	2500	+1.3
80	-22.5	3150	+1.2
100	-19.1	4000	+1
125	-16.1	5000	+0.5
160	-13.4	6300	-0.1
200	-10.9	8000	-1.1
250	-8.6	10000	-2.5
315	-6.6	12500	-4.3
400	-4.8	16000	-6.6
500	-3.2	20000	-9.3

Tabla 3.1-1 Curvas ponderación A

Curvas de valoración NR: Permite asignar al espectro en frecuencias de un ruido, medido en bandas de octava, un solo número NR (ISO R-1996), que corresponde a la curva que queda por encima de los puntos que representan los niveles obtenidos en cada banda de nuestro ruido.

Decibelio: Es la unidad de la escala de medida empleada para la cuantificación del sonido, cuya magnitud es el nivel y que se establece a partir de una expresión matemática basada en la noción del logaritmo decimal, que relaciona la magnitud que se pretende cuantificar (presión, potencia o intensidad acústica) con una referencia correspondiente al límite de sensibilidad humana respecto a tal magnitud:

$$L(dB) = 10 \lg \frac{M}{M_0}$$

- L = Nivel de la magnitud cuantificada, en dB.
- M = Magnitud que se desea cuantificar, en unidades naturales.

Decibelio A: Resultado de emplear la escala de ponderación A en una medida acústica, la cual atenúa de modo importante de los sonidos de baja frecuencia, no modifica la medida del sonido alrededor de los 1.000 Hz y aumenta algo la medición de los sonidos comprendidos entre 2.000 y 4.000 Hz. Así se caracteriza la reacción humana frente a los ruidos complejos y se imita la sensación de molestia que éstos originan. Los decibelios se denominan entonces decibelios A.

Disminución de la facultad auditiva: La disminución de la facultad auditiva se evalúa con respecto a un umbral de audibilidad utilizado como referencia y definido en la norma ISO 389-1(1998). Dicha disminución corresponde a la diferencia existente entre el umbral de audibilidad de la persona sometida a examen y el umbral de audibilidad tomado como referencia.

Disminución de la facultad auditiva a causa del ruido: Disminución de la facultad auditiva que tiene su principio en las neuronas situadas en el caracol del oído y que cabe atribuir al efecto del ruido.

Efectos nocivos: Los efectos negativos sobre la salud humana, o sobre el medio ambiente.

Espectro frecuencial de un sonido: Representación de la distribución de energía acústica que posee un sonido en las distintas frecuencias que lo constituyen. Normalmente se expresa mediante niveles de presión o de potencia en bandas de tercio de octava o de octava.

Espacios de máquinas: Todos los espacios que contienen máquinas de vapor o de combustión interna, bombas, compresores de aire, calderas, instalaciones de combustible líquido, maquinaria eléctrica principal, estaciones de toma de combustible, impulsores, máquinas de refrigeración, estabilización, aparato de gobierno, ventilación y maquinaria de aire acondicionado, etc., así como los troncos de acceso a todos ellos.

Evaluación: Cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar el valor de un indicador de ruido o los efectos nocivos correspondientes.

Exposición ocasional al ruido: Exposición que normalmente se produce una vez por semana o con menor frecuencia.

Fast: Es una característica del detector que indica que el tiempo de respuesta de éste es de 125 ms (respuesta rápida).

Frecuencia (f): Es el número de pulsaciones que una onda acústica senoidal experimenta en un segundo. Su unidad es el hercio (Hz).

Índice de ruido: Una magnitud física para describir el ruido y que tiene relación con un efecto nocivo producido por éste.

Índice de vibración: Una magnitud física para describir las vibraciones y que tiene relación con un efecto nocivo producido por éstas.

Índice de aislamiento acústico entre recintos, Ia (en dB): Para la obtención del índice de aislamiento a ruido aéreo **Ia**, se seguirán las recomendaciones de la norma ISO R-717, que establece el siguiente procedimiento:

- Se considera la gráfica de la diferencia de niveles estandarizada D_{nT} obtenida mediante ensayos in situ.
- Sobre la gráfica descrita se superpone la curva de referencia establecida en la Norma ISO R-717. Las características de dicha curva son las definidas en el siguiente gráfico:

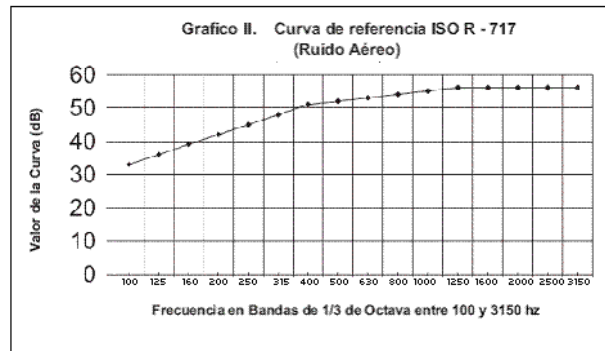


Figura 3.1-1 Curva de referencia ISO R-717

La curva de referencia se desplaza verticalmente en saltos de 1 dB sobre la curva D_{nT} hasta que se cumplan las condiciones siguientes:

- La media de las desviaciones desfavorables, es decir cuando el valor del aislamiento es inferior al de la curva de referencia desplazada, es mayor de 1 pero menor de 2. Dicha media la obtenemos dividiendo la suma de las desviaciones desfavorables por el número total de bandas de frecuencia controladas (16).
- La máxima desviación desfavorable es inferior a 8 dB.
- En las condiciones definidas en el apartado anterior, determinamos **el índice de aislamiento acústico a ruido aéreo I_a** como el valor que presenta la curva de referencia para la banda de 500 Hz.

Índice ponderado de reducción acústica, R_w : Valor numérico único expresado en decibelios (dB) que describe el nivel general de insonorización (en un laboratorio) que proporcionan paredes, puertas o pisos (norma ISO 717-1:1997, enmendada por 1:2006).

Índice ponderado de reducción acústica aparente, $R'w$: Valor expresado en una cifra única en decibelios (dB) que describe el nivel general de insonorización que proporcionan paredes, puertas o pisos in situ (norma ISO 717-1:1996 enmendada por 1:2006).

L_{aw} : Índice de vibración asociado a la molestia, o a los efectos nocivos, producidos por vibraciones.

Materiales absorbentes porosos: Poseen la capacidad de disminuir la cantidad energía reflejada y apenas se oponen a la transmisión del sonido incidente. Entre tales materiales se encuentran las lanas minerales, fibras, moquetas, cortinas, etc, que, los cuales, debido a su estructura de esqueleto sólido recorrido por poros comunicados entre si y con el exterior, disipan la energía acústica incidente en forma de energía calorífica.

Mejor técnica disponible: Aquella desarrollada a una escala que permita su aplicación en condiciones económica y técnicamente viables, tomando en consideración los costes y los beneficios, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables, y que se consideren las más eficaces para alcanzar un nivel general alto de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

Molestia: El grado de perturbación que provoca el ruido o las vibraciones a la población, determinado mediante encuestas sobre el terreno.

NAE: Nivel Acústico de Evaluación. Se trata del índice de ruido asociado a la molestia, o a los efectos nocivos, por la presencia en el ruido de componentes tonales emergentes, componentes de baja frecuencia y ruido de carácter impulsivo, durante un período de tiempo T.

Nivel continuo equivalente o nivel de presión acústica eficaz ponderado A, LAeq (en dBA): Se trata de uno de los índices más empleados en la evaluación de niveles sonoros ambientales. Se puede definir como el nivel continuo de ruido que, de permanecer constante, tendría la misma energía acústica que el ruido fluctuante real para el periodo de tiempo considerado.

Nivel de exposición al ruido diario (Lex, 24h): Nivel de exposición al ruido equivalente durante un periodo de 24 horas.

Nivel de pico, Lmax: Valor máximo de presión acústica instantánea a la que está expuesto un trabajador a lo largo de su jornada. No se trata de un nivel ponderado A. Los sonómetros/dosímetros lo miden directamente.

Nivel de potencia acústica (Lw): Se define mediante la expresión:

$$L_w (dB) = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

- L_w = Nivel de potencia sonora, en dB.
- W = Potencia acústica que se desea cuantificar.

Nivel de presión sonora o presión acústica (Lp): Se define mediante la expresión:

$$L_p (dB) = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

- L_p = Nivel de presión acústica, en dB.
- P = Presión acústica que se desea cuantificar.
- P₀ = Presión de referencia.

Nivel de presión acústica ponderado A, LpA: Valor del nivel de presión acústica, en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A.

Nivel de Presión Sonora Máximo (NPSmax): Es el máximo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPSmin): Es el mínimo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

Nivel de recepción: Es el nivel de presión acústica existente en un determinado espacio, originado por una fuente sonora que funciona en un emplazamiento diferente.

Niveles de ruido potencialmente peligrosos: Niveles a los cuales, y por encima de los cuales, las personas que están expuestas a ellos sin protección alguna corren el riesgo de sufrir una disminución de la facultad auditiva a causa del ruido.

Onda sonora en el aire: Es la propagación de una perturbación caracterizada por la sucesión periódica en el espacio y en el tiempo de compresiones y expansiones de volúmenes de aire.

Potencia acústica: Cantidad de energía sonora emitida (o radiada) por una determinada fuente sonora. Su valor no depende del punto del espacio donde se mida ni de las condiciones del recinto en el que se localiza el foco sonoro, y es intrínseca o característica de la fuente sonora. Se expresa en vatios (W).

Presión acústica: Representa el incremento de presión respecto a la presión atmosférica debido a la presencia de onda acústica; es dependiente de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar en donde ésta se encuentre (en campo abierto, sin obstáculos, o en un recinto cerrado) y se expresa en pascales (Pa) o N/m^2 .

Protector para los oídos: Dispositivo utilizado para reducir el nivel de ruido que llega a los oídos. Los auriculares pasivos de reducción de ruido impiden que el ruido afecte a los oídos. Los auriculares activos de reducción de ruido generan una señal que elimina el ruido ambiente en el auricular.

Puestos de servicio: Espacios en los que se hallan los principales aparatos de navegación, los aparatos de radiocomunicaciones del buque o la fuente eléctrica de emergencia, o en los que está centralizado el equipo detector y extintor de incendios, y también los espacios utilizados como cocinas, oficinas principales, pañoles (excepto los oficinas aislados y los armarios de servicio), carterías y cámaras de valores, talleres que no formen parte de los espacios de máquinas y otros espacios análogos.

Relación dosis-efecto: La relación entre el valor de un índice de ruido y un efecto nocivo.

Respuesta lenta o Slow: Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A).

Reverberación: Es el fenómeno de persistencia del sonido en el interior de un recinto cuando la fuente sonora ya dejó de emitir.

Ruido: Es cualquier sonido que moleste o incomode a los seres humanos, o que produce o tiene el efecto de producir un resultado psicológico y fisiológico adverso sobre los mismos.

Ruido aéreo: Ruido inducido por la perturbación generada en el volumen de aire que rodea a una determinada fuente sonora. Cuando las ondas acústicas originadas inciden sobre un sistema constructivo separador de dos espacios o recintos, éste responderá a esta fuerza de excitación entrando en vibración forzada y convirtiéndose en un nuevo foco sonoro de ruidos aéreos que, además, modificará el estado de reposo de la capa de aire inmediatamente próxima en el recinto contiguo.

Ruidos blanco y rosa: Ruidos utilizados para realizar ensayos normalizados de aislamiento acústico de las diversas particiones constructivas. Se denomina ruido blanco al que contiene todas las frecuencias con la misma amplitud y su espectro, expresado como niveles de presión o potencia en bandas de tercio de octava, es una recta de pendiente 3 dB/octava. El ruido se denomina ruido rosa cuando esta representación espectral consiste en una recta de pendiente 0 dB/octava.

Ruido estable: Aquel cuyo nivel de presión acústica ponderado A permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimo de L_{pA} , medido utilizando las características «SLOW» de acuerdo a la norma UNE-EN 60651:1996, es inferior a 5 dB(A).

Ruido fluctuante: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora superiores a 5 dB(A), durante un período de observación de 1 minuto. Se entenderá que un ruido es de tipo fluctuante

cuando la diferencia entre el NPS_{max} y el NPS_{min}, obtenidos durante la medición de un minuto, resulta mayor a 5 dB(A).

Ruido de impacto: Los golpes que se producen en la estructura provocan su vibración y la convierten en un foco sonoro. Además, debido a la alta rigidez de la mayoría de elementos y su tipo de unión, la excitación inicial inducida por el impacto se transmite rápidamente y con elevada intensidad por la estructura de la nave.

Ruido impulsivo: Es aquel ruido que presenta impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo. Se entenderá que un ruido es de tipo impulsivo cuando en el puesto, o en el entorno del puesto de trabajo, se produzcan impactos sonidos muy breves (con una duración menor a 1 segundo) y de gran intensidad, tales como: golpes, caídas de materiales, disparos, entre otros. Un ruido no perderá la característica de impulsivo si los impulsos o impactos se repiten, siempre y cuando la separación entre dos impactos consecutivos sea mayor a un segundo, teniendo siempre presente que los impactos deben ser generados por acciones propias de la tarea evaluada o del ambiente laboral, descartándose aquellos eventos accidentales no relacionados con la actividad.

Sistema constructivo aislante: Conjunto de elementos que posee la capacidad de impedir en mayor o menor medida, la transmisión de sonido entre dos espacios.

Sonido: Energía transmitida por ondas de presión que se propagan a través del aire y de otras materias y que es la causa objetiva de la sensación auditiva.

Sonómetro: Instrumento provisto de un micrófono amplificador, detector de RMS, integrador-indicador de lectura y curvas de ponderación, que se utiliza para la medición de niveles de presión sonora. Se compone de un elemento sensor primario (micrófono), circuitos de conversión, manipulación y transmisión de variables (módulo de procesamiento electrónico) y un elemento de presentación o unidad de lectura, cumpliendo así todos los requisitos funcionales inherentes a un instrumento de medición. Existen tres tipos (o clases) de sonómetros que se diferencian entre sí por el grado de precisión y por las funciones que realizan:

- Sonómetro tipo 0: Sonómetros usados en laboratorio. Presentan un elevado grado de precisión. No son de uso obligatorio, aunque debido a sus propiedades (elevada exactitud) su uso nunca sería incorrecto.
- Sonómetro tipo 1: Sonómetros que presentan una precisión de ± 1 dB; de uso para las medidas de ingeniería, es decir, cuando se requiere una mayor exactitud (también se puede emplear en las medidas de vigilancia).
- Sonómetro tipo 2: Sonómetros que presentan una precisión de ± 2 dB; de uso exclusivo para las medidas de vigilancia.

Sonómetro integrador: Sonómetro proyectado o adaptado para medir el nivel de la presión acústica media cuadrática en el promedio temporal con ponderación A y ponderación C.

Suma de niveles de presión sonora: El nivel resultante (en decibelios o en decibelios ponderados A) de la suma de niveles de presión sonora L_{pi} provenientes de diversas fuentes se obtiene a través de la expresión:

$$L_{Ptotal} = 10 \lg \sum_i 10^{(L_{pi}/10)}$$

La siguiente tabla refleja el nivel total derivado de la suma de focos sonoros emisores de un mismo nivel de presión sonora:

Nº focos sonoros idénticos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel resultante en dB	L	L+3	L+5	L+6	L+7	L+8	L+8,5	L+9	L+9,5	L+10

Tabla 3.1-2 Suma niveles presión sonora

Tiempo de reverberación: Tiempo de Reverberación (T_r) a una frecuencia determinada se puede definir como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco sonoro deja de emitir hasta el momento en que el nivel de presión sonora decrece 60 dB con respecto a su valor inicial. Se trata de un valor físico utilizado para describir el comportamiento acústico de los locales y comparar y prever su respuesta a los sonidos generados en ellos. Aunque el Tiempo de Reverberación varía para las distintas frecuencias del sonido, a efectos de algunas normas se establece mediante la media de los valores correspondientes a las bandas de 500, 1.000 y 2.000 Hz.

Valores globales de aislamiento a ruido aéreo de particiones: Valor global R_A (expresado en decibelios A, dBA) del Índice de Reducción Sonora, R. Parámetro que refleja, por medio de un único valor, el aislamiento de un elemento constructivo ensayado en laboratorio o calculado teóricamente.

Valor global $D_{nT,A}$ (expresado en decibelios A, dBA): Índice que se calcula a partir de los valores de la Diferencia de Niveles Estandarizada obtenidos para cada frecuencia ($D_{nT,i}$), mediante un ensayo de aislamiento realizado in situ empleando un ruido incidente rosa, según la siguiente fórmula:

$$D_{nT,A} = -10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{rA,i} - D_{nT,i}}{10}} \text{ (dBA)}$$

Donde $L_{rA,i}$ es el espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A:

$F_{r,i}$ (Hz)	$L_{rA,i}$	$F_{r,i}$ (Hz)	$L_{rA,i}$
100	-30,1	800	-11,8
125	-37,1	1000	-11
160	-24,4	1250	-10,4
200	-21,9	1600	-10
250	-19,6	2000	-9,8
315	-17,6	2500	-9,7
400	-15,8	3150	-9,8
500	-14,2	4000	-10
630	-12,9	5000	-10,5

Tabla 3.1-3 Espectro normalizado ponderado A

Vibración: Perturbación producida por un emisor acústico que provoca la oscilación periódica de los cuerpos sobre su posición de equilibrio.

3.2 Capítulo 1 de la Normativa Tipo: Ambito de aplicación

3.2.1 Planteamiento General

Los diferentes documentos o publicaciones que se evaluarán a lo largo del presente trabajo, y que utilizaremos como referencia para establecer los criterios de la normativa tipo, tienen en su ámbito de aplicación el primer punto de discrepancia.

Por ello, inicialmente, es necesario determinar el alcance de cada documento para poder entender la diferencia de criterios que en ellas encontraremos; especialmente, relativos a los buques y tipo de buques a los cuales afecta.

3.2.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)

La Organización Marítima Internacional (OMI) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de adoptar medidas para mejorar la seguridad del transporte marítimo internacional y prevenir la contaminación del mar por los buques.

La OMI se creó para adoptar medidas legislativas. De implantarlas se encargan los gobiernos. Cuando un gobierno acepta un convenio de la OMI se compromete a incorporarlo en su legislación y a hacerlo cumplir como cualquier otra ley.

Cada Convenio establecido por la Organización posee un ámbito de aplicación específico y, si bien, en líneas generales puede afirmarse que se aplica a los buques dedicados al tráfico internacional esto no es así en todos los casos. Las disposiciones de estos Convenios son de cumplimiento obligatorio por parte de cada uno de los Estados y éstos, a su vez, asumen el compromiso de hacer efectiva esas disposiciones a bordo de los buques que tengan derecho a enarbolar su pabellón.

La OMI en su capítulo 1, apartado 1.3, indica:

“El Código es aplicable a los buques nuevos de arqueo bruto igual o superior a 1600”.

“Las disposiciones específicas relativas a niveles de ruido potencialmente peligrosos, reducción del ruido y equipo de protección personal que figuran en el Código pueden aplicarse a los buques existentes de arqueo bruto igual o superior a 1600, en la medida en que esto sea razonable y posible a juicio de la Administración”.

“El Código podrá aplicarse a los buques nuevos de arqueo bruto inferior a 1600 en la medida en que, a juicio de la Administración, esto sea razonable y posible”.

El Código no se aplicará a:

- *naves de sustentación dinámica*
- *naves de alta velocidad*
- *buques pesqueros*
- *gabarras de tendido de tuberías*
- *gabarras-grúa*

- unidades móviles de perforación mar adentro
- yates de recreo no dedicados al tráfico comercial
- buques de guerra y buques para el transporte de tropas
- buques carentes de propulsión mecánica
- gabarras de hincapié de pilotes
- dragas

“El Código se aplica a los buques en puerto o en la mar con dotación a bordo”.

“El presente código trata únicamente de las fuentes de ruido relacionadas con el buque, tales como la maquinaria y la propulsión, pero no incluye el ruido del viento, las olas o el hielo, las alarmas, los sistemas de megafonía, etc”.

3.2.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship

En el contexto de la OTAN, un Standardization Agreement o acuerdo de normalización (STANAG) define procesos, procedimientos, términos y condiciones de equipamiento o procedimientos y técnicas militares comunes entre los países miembros de la alianza. Así, cada Estado de la OTAN ratifica un STANAG y lo implementa en sus propias Fuerzas Armadas.

NATO STANAG 4293, en su apartado 2, refleja:

“Las Naciones participantes acuerdan seguir en adelante el conjunto de pautas dentro de este STANAG en el diseño de Buques de superficie de la OTAN con un desplazamiento de 500 toneladas o superior. Se aplicará a los Buques de superficie de menos de 500 toneladas de desplazamiento en la medida que se considere razonable”.

3.2.4 Estándares de Habitabilidad para Buques de Nueva Construcción

Estándares de habitabilidad para buques de nueva construcción de la Armada, publicación del Estado Mayor de la Armada (2010), pretende ser una guía y, como se indica en su hoja de promulgación, un referente para nuevas construcciones de la Armada.

Esta publicación, en sus apartados 1.2 y 1.3, indica:

Objeto

“Establecer los estándares de habitabilidad de los futuros buques de la Armada”.

Ámbito De Aplicación

“Esta instrucción será aplicable a los diseños de los buques y submarinos de nueva construcción, y a los actuales buques y submarinos cuya eslora sea mayor de 50 metros (150 pies) o que entre dotación y personal embarcado pueda alojar a más de 100 personas. Los criterios de habitabilidad para buques de menor porte serán considerados caso por caso, sirviendo de base los criterios aquí definidos para los diseños en la habitabilidad de dichos buques”.

“En caso de que exista conflicto entre estos estándares y los requisitos de seguridad establecidos y aprobados por la Armada, prevalecerán estos últimos”.

Como se indica en la hoja de promulgación, cualquier necesidad operativa prevalecerá frente a cualquiera de los estándares definidos en esta publicación.

3.2.5 Comf-Noise de Boreau Veritas

Bureau Veritas S.A. es una compañía global de servicios de ensayo, inspección y certificación, que ofrece servicios y soluciones para asegurar que los activos de sus clientes, productos, infraestructura y procesos cumplen con las normas y reglamentos en materia de calidad, salud y seguridad, protección medioambiental y responsabilidad social.

Su división marítima tiene el propósito de la clasificación de cualquier buque o estructura (independientemente del tipo) o parte de ella, mediante la publicación de *Rules for the Classification of Naval Ships, July 2014 edition*.

Por tanto, de la gran cantidad de documentos que emite esta sociedad, trabajaremos con sus reglas para la clasificación para Buques de la Armada “Naval Ships Rules” y su clasificación COMF-NOISE y COMF-VIB.

Las reglas publicadas por esta Sociedad aportan los requisitos para la asignación y el mantenimiento de la clase para Buques de la Armada, y en particular de las Fragatas.

Así, la publicación específica en su Capítulo 6, sección 1, apartados 1.1.2 y 1.1.3, su ámbito de aplicación, exclusiones y requerimientos especiales:

“La notación de clase COMF-NOISE se asigna a los buques que cumplan los niveles de ruido definidos en Pt E, Ch 6, Sec 1”.

“La evaluación de los niveles de ruido sólo se lleva a cabo a través de la revisión del diseño y pruebas de mar”.

“Los Buques de La Armada pueden tener requisitos especiales en cuanto a los niveles de ruido, referidos tanto a las actividades y, o misiones específicas del buque de guerra, como a las labores que desempeña su personal a bordo de los mismos. Estos requisitos especiales no están contenidos en esta sección que considera solo las fuentes de ruido relacionadas con la plataforma”.

“Las salas de máquinas y otros espacios similares, si se encuentran ocupados de forma permanente, serán estudiados caso por caso y teniendo en cuenta la normativa de la Organización Marítima Internacional OMI”.

3.2.6 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering

Mil-Std es el Estandar militar publicado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos.

Esta norma, Mil-Std 1472 versión G (enero 2012), establece los criterios generales de la ergonomía para el diseño y desarrollo de sistemas, equipos e instalaciones militares.

En lo relativo al ruido, esta publicación utiliza como base las normas de la ANSI, Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (normas 1.1, 1.4, 1.6).

En su apartado 1.2 y 1.3 se indica:

Objeto

“El propósito de esta norma es optimizar el rendimiento del sistema con plena consideración de las capacidades humanas y limitaciones inherentes, para integrar de manera más efectiva al ser humano como parte del sistema, subsistemas, equipos e instalaciones para lograr el éxito de la misión”.

Ámbito de aplicación

“A menos que se indique lo contrario en disposiciones específicas, esta norma se aplica al diseño de los sistemas, subsistemas, equipos e instalaciones para su uso por los hombres y las mujeres. Si bien esta norma proporciona criterios de diseño con respecto a las capacidades y limitaciones humanas, no se pretende limitar la innovación en el diseño o selección de hardware específico, software, materiales y procesos. Esta norma debe ser adaptada por el Gobierno como parte del contrato. Si no es adaptada por el Gobierno, el contratista deberá determinar cualquier adaptación apropiada para la aplicabilidad al sistema y recomendar la adaptación al Gobierno para su aprobación.”

3.2.7 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Como antecedentes, la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la Ley, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Posteriormente, en el ámbito de la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido ha sido adoptada la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos

(ruido), que deroga a la Directiva 86/188/CEE, de 12 de mayo, transpuesta a nuestro derecho interno por medio del Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. Mediante este Real Decreto, 286/2006, se deroga el Real Decreto 1316/1989 y se transpone al derecho español la Directiva 2003/10/CE.

El Real Decreto 286/2006 en su artículo 1 y 3 expone:

Objeto

“El presente real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición”.

Ámbito de aplicación

“Las disposiciones de este real decreto se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de su trabajo”.

“Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el artículo 1, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este Real Decreto”.

3.2.8 Solución Adoptada

Como se puede apreciar, en función de la documentación anterior, estas publicaciones no tienen en su ámbito de aplicación un punto de encuentro.

Podemos considerar, según nuestro criterio, como referencia o punto de partida, las publicaciones de la OMI y la STANAG 4293, que utilizan ambas en sus ámbitos de aplicación el criterio del volumen, aunque con una importante diferencia de concepto, ya que mientras la OMI se refiere al arqueo bruto la STANAG utiliza en su definición el desplazamiento.

Criterio muy diferente utiliza la publicación Estándares de Habitabilidad para Buques de Nueva Construcción, ya que emplea en sus definiciones la eslora de los buques, e incluso el número de miembros de su dotación.

El resto de publicaciones nada más aportan en este sentido, no haciendo referencia a parámetro o límite alguno; aunque mención aparte podría tener el Real Decreto 286/2006, que no pone condicionantes debido a que su ámbito de aplicación es muy general, con lo que podríamos afirmar que se aplica a todos los buques sin excepción.

Otro aspecto a analizar dentro del ámbito de aplicación es el hecho de que alguna de estas publicaciones define también, dentro de este apartado, el tipo de buques a los que se debe aplicar.

La OMI exime a los buques de guerra sobre la obligatoriedad de su cumplimiento, la STANAG 4293 se refiere solo a buques de superficie y Estándares de Habitabilidad a buques de nueva construcción (aunque amplía su ámbito a buques de superficie y a submarinos de nueva construcción).

En conclusión, para la redacción del apartado “Ámbito de Aplicación” de la normativa tipo propuesta para este TFG, utilizaremos ciertos aspectos de todas estas publicaciones, ya que ninguna de ellas recoge en su totalidad el ámbito de aplicación que este trabajo pretende; es decir, todos las unidades de nuestra flota, buques de superficie y submarinos, contruidos o de nueva construcción.

En cuanto a que parámetro utilizar, eslora o desplazamiento, para determinar los límites, y por tanto a que buques afecta, consideramos mejor adoptar la solución de las publicaciones americanas y no establecer ningún limite en este aspecto, sino hacerlo de manera genérica a todas nuestras unidades como el Real Decreto 286/2006, que entró en vigor tras un período transitorio de cinco años, el 15 de Febrero de 2011, y es de aplicación a todo tipo de buques, independientemente del tipo tamaño y año de construcción.

Se reconoce sin embargo, la dificultad de su aplicación a los buques de la Armada ya contruidos, por lo que en el supuesto de no ser posible su desarrollo en éstos, se recomienda el empleo de alguno de los métodos para reducir la exposición al ruido redactados por la OMI y que se incluyen como anexo I.

3.3 Capítulo 2 de la Normativa Tipo: Equipos de medición

3.3.1 Planteamiento General

Antes de referirnos a los límites sonoros o los niveles de exposición del ruido, es necesario establecer el protocolo según el cual estas medidas van a ser obtenidas y, además, que equipos determinan las diferentes normativas sometidas a estudio como apropiados para la obtención de los datos.

Los equipos de medida acústica básicamente consisten en un transductor (normalmente un micrófono), una sección de análisis compuesta de varios circuitos para acondicionar la señal eléctrica, ponderarla e integrarla si es necesario y una unidad de visualización que puede ser de lectura digital, de pantalla, impresora o de cualquier otro sistema.

Los equipos de medida necesarios son el sonómetro (con analizador de frecuencia) y el dosímetro.

Por otro lado, observaremos a lo largo del presente capítulo menciones constantes a diferentes normativas, en concreto a las normas 60651, 60804 y 61672, emitidas por la Comisión Electrónica Internacional, conocida también por sus siglas en inglés (CEI), la cual establece, para el ámbito europeo, las normas que han de seguir los fabricantes de sonómetros. Se intenta que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma cuantificación ante un sonido dado.

Se analizará al final del presente capítulo la relación existente entre ellas y las diferencias y puntos de encuentro; no obstante, para comenzar se hará mención a ellas, ya que el objetivo de la primera parte del capítulo es la reproducción de la información contenida en las diferentes normativas, para su posterior análisis.

Se ha convenido llamar de la misma manera a determinados apartados de las diferentes normativas que podríamos considerar similares, para facilitar la comprensión del documento, aún cuando en sus documentos de origen pudiesen tener otros enunciados.

3.3.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)

Se reproduce a continuación parte del capítulo 2 de la normativa de la OMI referente a los equipos de medición:

- Especificaciones del equipo

Sonómetros

“Los niveles de presión acústica se medirán utilizando sonómetros integradores de precisión. Tales sonómetros se fabricarán con arreglo a la norma del tipo/clase 1 de la IEC 61672-1(2002-05), según proceda, o a una norma equivalente que la Administración considere aceptable”.

Dispositivo de filtro de octava

“Cuando se utilice independientemente, o en combinación con un sonómetro, según proceda, el dispositivo de filtro de octava se ajustará a lo dispuesto en la norma IEC 61260 (1995), o a una norma equivalente que la Administración considere aceptable”.

- **Empleo del equipo**

Calibración

“Los calibradores de sonido deberán satisfacer la norma IEC 60942 (2003-01) y estarán aprobados por el fabricante del sonómetro de que se trate”.

Pantalla antiviento para micrófono

“Se utilizará una pantalla antiviento para micrófono cuando se efectúen mediciones de ruido en el exterior, por ejemplo, en los alerones del puente de navegación o en cubierta, y bajo cubierta cuando haya un considerable movimiento del aire. En la medición de sonidos análogos esta pantalla no debería provocar una discrepancia de más de 0,5 dB(A) por comparación con las que se efectúen “sin viento”.

3.3.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship

Esta publicación también incluye entre sus apartados, concretamente en su capítulo 5, los requerimientos que considera necesarios que deben cumplir los instrumentos de medida para ser óptimos en la recogida de medidas:

- **Especificaciones del equipo**

Sonómetros

“Sólo los instrumentos que cumplan los requisitos de la Comisión Electrónica Internacional (IEC), publicación 651 (sonómetros de precisión) pueden ser usados, respecto al parámetro de la precisión. Se pueden utilizar equipos que realicen promedios lineales y exponenciales”.

Dispositivo de filtro de octava

“El análisis de frecuencia se llevará a cabo en todos los casos que se requiera, por medio de un sonómetro equipado con filtro de banda de octava, y que cumpla los requisitos establecidos en la publicación IEC nº 225 e ISO 226”.

- **Empleo del equipo**

Calibración

“Antes de las mediciones con el sonómetro se calibrará con un calibrador fiable de al menos una frecuencia”.

3.3.4 Comf-Noise de Boreau Veritas

Encontramos referencias a la instrumentación en el Punto E (capítulo 6, sección 1, apartado 4) de COMF-NOISE, *comodidad respecto del ruido*:

- **Especificaciones del equipo**

Sonómetros

“Las mediciones del nivel de ruido se deben llevar a cabo por medio de sonómetros de precisión. Deben cumplir tanto la norma IEC 60651 del tipo 1 o un estándar aceptado como equivalente por la Sociedad”.

- **Empleo del equipo**

Calibración

“Los instrumentos de medida serán calibrados según estándares reconocidos”.

3.3.5 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

- **Especificaciones del equipo**

Medición del Nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$):

Sonómetros

“Los sonómetros (no integradores-promediadores) podrán emplearse únicamente para la medición de Nivel de presión acústica ponderado A (L_pA) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual al Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de dicho ruido. Los sonómetros deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60651:1996 para los instrumentos de «clase 2» (disponiendo, por lo menos, de la característica «SLOW» y de la ponderación frecuencial A) o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase”.

Sonómetros integradores-promediadores

“Los sonómetros integradores-promediadores podrán emplearse para la medición del Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de cualquier tipo de ruido. Los sonómetros integradores-promediadores deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60804:1996 para los instrumentos de «clase 2» o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase”.

Dosímetros

“Los medidores personales de exposición al ruido (dosímetros) podrán ser utilizados para la medición del Nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) de cualquier tipo de ruido. Los

medidores personales de exposición al ruido deberán ajustarse a las especificaciones de la norma UNE-EN 61252:1998 o a las de cualquier versión posterior de dicha norma”.

Medición del Nivel de pico (Lpico)

“Los sonómetros empleados para medir el Nivel de pico o para determinar directamente si se sobrepasan los límites o niveles, deberán disponer de los circuitos específicos adecuados para la medida de valores de pico. Deberán tener una constante de tiempo en el ascenso igual o inferior a 100 microsegundos, o ajustarse a las especificaciones establecidas para este tipo de medición en la norma UNE-EN 61672:2005 o versión posterior de la misma”.

3.3.6 Solucion Adoptada

Lo primero que podemos observar es que aquellas publicaciones que utilizan en su documentación la norma ICE 60651 y 60804 se han quedado obsoletas en cuanto a la normativa actual, ya que en el año 2002 la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) publicó la norma IEC 61672 parte 1, la cual establece las nuevas especificaciones para la fabricación de los sonómetros, anulando y reemplazando, por consiguiente, a las normas IEC 60651 e IEC 60804.

Analizaremos brevemente las diferencias entre estas normativas:

- IEC 60651

Publicada originalmente como IEC 651 (1979) y como IEC 60651 (1993), establece los criterios para la fabricación de cuatro clases de sonómetros, basándose en la exactitud de los mismos, donde su característica principal es la variación permitida en las diferentes frecuencias.

- Sonómetro de clase 0: Se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: Permite el trabajo de campo con precisión.
- Sonómetro de clase 2: Permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.
- Sonómetro de clase 3: Es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que exclusivamente se utiliza para realizar reconocimientos.

- IEC 60804

Esta norma se publicó originalmente en el año 1985 como IEC 804 y en el año 2000, en su versión 2.0, como IEC 60804. Es consistente con los requerimientos establecidos en la IEC 60651, pero especifica las características suplementarias necesarias para la determinación del nivel sonoro continuo equivalente, Leq, de los ruidos estables, fluctuantes, intermitentes e impulsivos. Por lo tanto, la clasificación de los instrumentos, así como sus tolerancias e intervalos son las mismas. Sin embargo, solo se refiere al uso de la red de ponderación A.

- IEC 61672

Norma IEC 61672-1 publicada en el año 2002, al sustituir a las normas IEC 60651 e IEC 60804, especifica las características electroacústicas de 3 tipos de instrumentos de medición acústica:

- Sonómetro convencional: Mide el nivel de presión acústica con una ponderación temporal exponencial.
- Sonómetro integrador – promediador: Mide el nivel sonoro continuo equivalente de presión acústica.
- Sonómetro integrador: Mide el nivel de exposición a ruido. El mismo instrumento puede efectuar un tipo de medición o los tres.

Esta norma elimina las clases 0 y 3, restando exclusivamente las clases 1 y 2.

Estas especificaciones corresponden a las mismas características nominales y difieren, principalmente, solo en los límites de tolerancia y en el dominio de las temperaturas de funcionamiento. Los límites de tolerancia especificados para la clase 2 son superiores e iguales a los límites de especificaciones para la clase 1.

Observamos, además, una importante diferencia en cuanto a la clase especificada en cada uno de los documentos, refiriéndose la OMI a sonómetros de clase 1 (recordemos que utiliza una normativa que solo distingue entre dos clases), la STANAG 4293 a sonómetros de clase 1 (pero que distingue hasta cuatro clases distintas, al igual que la Sociedad de clasificación Bureau Veritas) y por último el Real Decreto 286/2006 que, si bien su normativa distingue entre sonómetros de dos clases, determina la clase 2.

Puesto a que el parámetro acústico que a nosotros nos interesa es el Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$), se exigirá en el texto un sonómetro integrador-promediador de precisión. En cuanto al tipo requerido, se nos presentan dos opciones tras analizar toda esta documentación, pero consideramos que un sonómetro de clase 1 es el idóneo para trabajos a bordo de los buques.

La información adicional que podemos encontrar en los diferentes documentos, como la utilización de dispositivos de filtro octava o la recomendación respecto al empleo de pantallas antiviento para los micrófonos, la adoptaremos como necesaria.

Respecto al proceso de calibración, la mayoría de los documentos reconocen la necesidad del empleo de calibradores y, debido a que ninguna publicación excepto la OMI determina que calibradores utilizar, usaremos pues la información proporcionada por ésta; es decir la norma IEC 60942 (2003-01).

Por otro lado, basándonos en la Ley del ruido y Decretos que la desarrollan, en concreto el 1367/2007, dada sus detalladas exigencias para equipos de medida, y ante la falta de determinados aspectos relativos a instrumentación y calibración en los documentos analizados, la consideraremos adecuada para nuestra normativa tipo.

Por tanto, además, se considerarán de modo complementario los siguientes aspectos:

Instrumentos de medida

Los instrumentos de medida y calibradores utilizados para la evaluación del ruido deberán cumplir las disposiciones establecidas en la Orden de 25 de septiembre de 2007, por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de

los calibradores acústicos. En concreto, los sonómetros y calibradores sonoros se someterán anualmente a verificación periódica conforme a la citada Orden, debiendo la entidad que realice dicha verificación emitir un certificado de acreditación de la misma, de acuerdo también con la Orden mencionada. El plazo de validez de dicha verificación será de un año.

En los trabajos de evaluación del ruido por medición, se deberán utilizar instrumentos de medida y calibradores cuya precisión sea la exigida para los de tipo 1/clase, por la Orden del Ministerio de Fomento, de 25 de septiembre de 2007, a la que se refiere el apartado anterior.

Dado que la evaluación de las curvas NCR precisa el uso de filtros de banda de 1/3 de octava, se emplearán equipos de precisión del tipo 1, debiendo cumplir lo exigido para el grado de precisión tipo 1/clase 1 en las normas UNE-EN 61260:1997 “Filtros de banda de octava y de bandas de una fracción de octava” y UNE-EN 61260/A1:2002 “Filtros de banda de octava y de bandas de fracción de octava”.

Verificación

Será preceptivo que al inicio y al final del proceso de medición acústica se realice una verificación acústica de la cadena de medición mediante calibrador de nivel o pistófono, que garantice un margen de desviación no superior a 0,3 dB con respecto al valor de referencia inicial.

Esta circunstancia quedará recogida en el informe o certificado de mediciones, donde, además, se indicarán claramente los datos correspondientes al tipo de instrumento, clase, marca, modelo, número de serie y fecha y certificado de la última verificación periódica efectuada.

3.4 Capítulo 3 de la Normativa Tipo: Factores condicionantes para la realización de las medidas sonoras

3.4.1 Planteamiento General

Como define la Real Academia, una medición es el resultado de la acción de medir y se refiere, por tanto, a la comparación que se establece entre una cierta cantidad y su correspondiente unidad para determinar cuántas veces dicha unidad se encuentra contenida en la cantidad en cuestión.

Cuando se realiza un proceso de medición, se ha de tener cuidado para no producir una perturbación en el sistema que está bajo observación ya que el instrumento de medida afecta de algún modo a la magnitud o variable que se desea medir. En consecuencia, toda medición es una aproximación al valor real y por lo tanto siempre tendrá asociada una incertidumbre.

Se recoge en este capítulo por tanto, el proceso metodológico de realización de las medidas, así como las condiciones ideales para su obtención; dicho de otra forma, las condiciones que se considerarán válidas para la obtención de datos acústicos que se compararán con los niveles máximos de referencia.

Se incluye además, con referencia a este capítulo, en el anexo IV, la Resolución IMO A.343 (XII) “*Recomendaciones sobre métodos para medir niveles de ruido en los puestos de escucha de los buques*”. Esta recomendación proporciona instrucciones sobre estrategias de medida e instrumentación y sugiere niveles de ruido de fondo que no deben excederse, por término medio, en los puestos de escucha del buque. Aunque los métodos de medición de los niveles de ruido son distintos según se ajusten a esta recomendación o al código de la OMI, estos documentos se consideran compatibles.

Se ha convenido llamar igual a los encabezados de los apartados que pudiesen ser similares dentro de cada documento técnico evaluado, para facilitar la lectura y comprensión.

3.4.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)

Introduce la OMI en el capítulo 3 de sus normas, posiblemente el mayor de los que lo componen, todos los requisitos que entiende este organismo deben de reunir las condiciones de la medición.

Se han eliminado del presente capítulo apartados relacionados con las mediciones de; por ejemplo, zonas que hacen referencia a buques de pasajeros exclusivamente u otros apartados específicos para buques que difieren considerablemente de un Buque de Guerra.

Comienza este apartado con unas generalidades relativas a los parámetros técnicos que se han de obtener en las mediciones:

“Las mediciones serán del nivel acústico continuo equivalente $LA_{eq}(T)$ con ponderación A”.

“Las mediciones del nivel acústico continuo equivalente $LC_{eq}(T)$ con ponderación C y del nivel acústico máximo LC_{peak} con ponderación C se efectuarán en espacios en los que $LA_{eq}(T)$

excede de 85 dB(A) con objeto de determinar la protección de los oídos adecuada de conformidad con el método HML”.

Condiciones de medición

A continuación se especifican, separadamente, las condiciones de medición en varios apartados, cuando el buque se encuentra en la mar o con el buque en puerto, así como otros factores condicionantes para la realización de las mediciones:

a) Condiciones operacionales en las pruebas de mar

“Las mediciones deberían efectuarse con el buque tanto en la condición de carga como en la de lastre. El rumbo del buque será lo más recto posible”.

“Las mediciones de ruido se efectuarán a la velocidad normal de servicio y, a menos que se diga lo contrario en las siguientes disposiciones, a no menos del 80 % del régimen continuo máximo. Las hélices de paso controlable y las hélices Voith-Schneider, si las hay, deberán hallarse en la posición normal de navegación. En el caso de los tipos de buques especiales y de los buques con configuraciones especiales de propulsión y energía, tales como los sistemas eléctricos diésel, la Administración podrá, en colaboración con los astilleros y los propietarios de buques, considerar debidamente el proyecto real del buque o los parámetros de funcionamiento”.

“Todas las máquinas, instrumentos de navegación, equipos radioeléctricos y de radar, etc., normalmente en funcionamiento en las condiciones y niveles normales de navegación, incluido el silenciamiento automático de un receptor, funcionarán durante todo el periodo de medición. No obstante, cuando se efectúen estas mediciones no se llevarán a cabo señales de niebla ni operaciones de helicóptero”.

“En los espacios que contienen los generadores de emergencia accionados por motores diésel, las bombas contra incendios u otro equipo para casos de emergencia que en general sólo se hace funcionar en tales casos, o para la realización de pruebas, las mediciones se efectuarán con el equipo en funcionamiento. Las mediciones no tienen por objeto determinar que se cumplen los límites máximos del nivel de ruido, sino que son una referencia para la protección personal de la gente de mar que realiza tareas de mantenimiento, reparaciones y actividades de prueba en tales espacios”.

“El equipo de ventilación mecánica y de climatización deberá funcionar normalmente, teniendo en cuenta que su capacidad deberá adecuarse a las condiciones previstas en la fase de proyecto”.

“En general, las puertas y ventanas deberían permanecer cerradas”.

“Los espacios deberían estar provistos de todo el equipo necesario. Podrán hacerse mediciones en espacios carentes de guarniciones blandas, pero no debería dejarse margen para compensar la falta de éstas. Podrán volverse a efectuar las mediciones cuando haya guarniciones blandas”.

“Los buques provistos de impulsores laterales de proa, estabilizadores, etc., pueden estar sujetos a elevados niveles de ruido cuando estén funcionando estos equipos. En el caso de los impulsores laterales de proa, las mediciones se efectuarán a un 40 % de su potencia y la velocidad del buque

deberá ser la apropiada para el funcionamiento de los impulsores. Las mediciones se efectuarán en puntos situados alrededor de la maquinaria de que se trate, con ésta funcionando, y en los espacios de alojamiento y los puestos de servicio adyacentes. Si tales sistemas están destinados para utilizarse de modo breve y temporal solamente, por ejemplo, durante las maniobras portuarias”.

“En el caso de los buques provistos de posicionamiento dinámico, cuyo uso está previsto en condiciones normales de funcionamiento, se efectuarán mediciones adicionales del ruido en la modalidad de posicionamiento dinámico en los puestos de control, los puestos de servicio y los espacios de alojamiento a fin de garantizar que no se excedan los límites máximos del nivel de ruido en esos espacios. Las Administraciones, sociedades de clasificación, astilleros y proyectistas de sistemas de posicionamiento dinámico acordarán un proceso para simular el funcionamiento del sistema de impulsores de posicionamiento dinámico en condiciones similares a la de mantenimiento de la situación que sean iguales o superiores al 40 % de la máxima potencia de impulsores para las condiciones ambientales de proyecto en las que opera el buque”.

b) Condiciones operacionales en puerto

“Se deberían efectuar mediciones cuando el ruido ocasionado por el equipo de manipulación de la carga del buque produzca un ruido superior a los niveles máximos en las estaciones de servicio y los espacios de alojamiento afectados por ello. El ruido procedente de fuentes externas debería descontarse”.

“Cuando se trate de un buque portavehículos y durante la carga y descarga el ruido proceda de los vehículos, debería considerarse el nivel de ruido en los espacios de carga y la duración de la exposición al mismo junto. El astillero y los propietarios de buques, en colaboración con la Administración, podrán calcular teóricamente tales niveles de ruido procedentes de los vehículos”.

“Se efectuarán mediciones en los espacios de máquinas cuando las máquinas estén en funcionamiento con el buque en la condición de surto en puerto”.

c) Condiciones ambientales

“Las lecturas obtenidas pueden verse afectadas si la profundidad del agua es menos de cinco veces superior al calado o si existen grandes superficies reflectantes en las cercanías del buque. Por consiguiente, tales condiciones se anotarán en el informe sobre estudio de ruidos”.

“Las condiciones meteorológicas tales como las relativas al viento y a la lluvia, además del estado de la mar, deberían ser tales que no influyan en las mediciones. No debería excederse de una fuerza del viento de 4 y una altura de ola de 1 m. Si, de hecho, se superan estos parámetros se informará acerca de las condiciones reinantes”.

“Se evitará cuidadosamente que el ruido procedente de fuentes externas, como el originado por personas y por trabajos de construcción y reparación, influya en el nivel de ruido a bordo del buque en los lugares de medición. Si es necesario, las lecturas podrán corregirse para descontar el ruido de fondo permanente, conforme al principio de la sumatoria de energía”.

d) Procedimientos de medición

“Durante la medición del nivel de ruido, sólo se hallará presente en el espacio de que se trate la gente de mar necesaria para las operaciones del buque y las personas que efectúen las mediciones”.

“Las lecturas del nivel de la presión acústica se tomarán en decibelios utilizando un filtro de ponderación A (dB(A)) y un filtro de ponderación C (dB(C)) y, si es necesario, también en bandas de octava entre 31,5 Hz y 8 000 Hz”.

“Las mediciones del nivel de ruido se efectuarán con un sonómetro integrador utilizando un promedio espacial y durante un periodo de tiempo hasta que se encuentren lecturas estables o de al menos 15 segundos (Aeq 15seg) que representen un valor medio de las variaciones debidas al funcionamiento irregular o variaciones del campo acústico. Las lecturas se redondearán al decibelio más cercano. Si el primer decimal de una lectura en decibelios es 5 o mayor, se redondeará a enteros por exceso”.

e) Incertidumbres de la medición

“Las incertidumbres de las mediciones a bordo de los buques dependen de diversos factores, por ejemplo, las técnicas de medición y las condiciones ambientales. El resultado es que las mediciones efectuadas de conformidad con el presente código, salvo pocas excepciones, presentan una desviación normal del proceso de reproducción del nivel de presión acústica continua equivalente con ponderación A igual o inferior a 1,5 dB”.

f) Puntos de medición**- Lugares de medición**

“Salvo indicación expresa en otro sentido, las mediciones se realizarán con el micrófono colocado a una altura de entre 1,2 m (persona sentada) y 1,6 m (persona de pie) sobre cubierta. La distancia mínima entre dos puntos de medición será de 2 m, y en los espacios grandes en que no haya máquinas las mediciones deberían efectuarse en puntos cuya distancia intermedia no exceda de 10 m, incluidos los caracterizados por tener niveles de ruido máximos. En ningún caso se efectuarán mediciones a menos de 0,5 m de los mamparos límite del espacio. Las mediciones se realizarán en lugares donde trabaje el personal, incluidos los puestos de comunicación”.

- Puestos de servicio

“El nivel de ruido se medirá en todos los puntos donde se realicen labores. Se efectuarán mediciones adicionales en espacios donde se hallen puestos de servicio si se considera que se producen variaciones en el nivel de ruido en las inmediaciones de los puestos de servicio”.

- Orificios de admisión y escape

“Cuando se midan los niveles de ruido, el micrófono, de ser posible, no debería colocarse a un ángulo inferior a 30° respecto de la dirección del chorro de gas ni a una distancia inferior a 1 m del

borde de los orificios de admisión y escape de los motores, sistemas de ventilación, alimentación y refrigeración, y lo más lejos posible de las superficies reflectantes”.

- Mediciones en los espacios de máquinas

“Se efectuarán mediciones en los puestos principales de trabajo y de mando que la gente de mar ocupa en los espacios de máquinas y en las cámaras de mando adyacentes, si las hubiere, prestando especial atención a los lugares en que haya teléfonos y a los puestos en que la comunicación hablada y las señales acústicas sean importantes”.

“Normalmente no deberían efectuarse mediciones a menos de 1 m de máquinas en funcionamiento, de cubiertas, mamparos u otras superficies grandes, ni tampoco de conductos de admisión de aire. Cuando esto no sea posible, las mediciones se efectuarán en un punto que equidiste de las máquinas y las superficies reflectantes adyacentes”.

“Las mediciones correspondientes a las máquinas que constituyen una fuente de sonido deberían hacerse a 1 m de las mismas. Deberían efectuarse mediciones a una altura de 1,2 m a 1,6 m por encima de cubierta, plataformas o pasillos, del modo siguiente”:

“A 1 m de fuentes de ruido como las indicadas a continuación y a intervalos que no excedan de 3 m alrededor de ellas”:

- turbinas o motores principales a cada nivel
- engranajes principales
- turbosoplantes
- purificadores
- alternadores y generadores eléctricos
- plataformas de encendido de calderas
- ventiladores de tiro forzado o ventiladores extractores
- compresores
- bombas de carga (incluidos sus motores o turbinas de accionamiento)

“A fin de evitar una serie innecesariamente larga y poco práctica de mediciones y registros del ruido en el caso de máquinas grandes y de espacios de grandes dimensiones para máquinas en los que el nivel de la presión acústica medido en dB(A) a los intervalos que se han señalado no varíe considerablemente, no será necesario registrar el valor correspondiente a cada posición. No obstante, se efectuarán y registrarán las mediciones correspondientes a posiciones representativas y a las caracterizadas por un nivel de presión acústica máximo, y en todo caso se registrarán no menos de cuatro mediciones de cada nivel”.

“En puestos de control locales, como el de maniobra principal o el de maniobra de emergencia de la máquina principal, y en las cámaras de mando de máquinas”.

“En todos los lugares no especificados anteriormente y que habitualmente se visitarían durante la inspección ordinaria y las operaciones corrientes de ajuste y mantenimiento”.

“En puntos de todas las vías de acceso normalmente utilizadas, a menos que ya quedaran comprendidos en las posiciones antes indicadas, a intervalos que no excedan de 10 m”.

“En recintos situados dentro del espacio de máquinas, como por ejemplo, talleres. (A fin de limitar la serie de mediciones y de registros, el número de estos últimos puede reducirse, si bien registrando cuatro mediciones por lo menos, incluidas las especificadas en el presente párrafo, en cada nivel del espacio de máquinas hasta la cubierta superior)”.

- Mediciones en los espacios de gobierno

“Se efectuarán mediciones en ambos alerones del puente de navegación, pero sólo cuando el alerón en que vaya a revisarse la operación esté a sotavento”.

- Mediciones en los espacios de alojamiento

“Se efectuará una medición en el medio del espacio. El micrófono se desplazará lentamente en sentido horizontal y/o vertical a una distancia de 1 m (+/- 0,5 m). Deberían realizarse mediciones adicionales en otros puntos, si hay diferencias considerables, es decir, de más de 10 dB(A), entre niveles acústicos dentro del alojamiento, especialmente a la altura de la cabeza de una persona sentada o echada”.

“Se efectuarán mediciones a, como mínimo, el 40 % del número total de camarotes. En todo caso deberán examinarse los camarotes que evidentemente se ven afectados por el ruido, por ejemplo, los camarotes adyacentes a las máquinas o guardacalores”.

“En cubiertas expuestas, se realizarán mediciones en todas las zonas de recreo”.

- Mediciones en los espacios no ocupados habitualmente

“Además de los espacios a los que se ha hecho referencia anteriormente, se efectuarán mediciones en todos los puntos en los que la gente de mar pueda estar expuesta a niveles de ruido excepcionalmente elevados, aunque sea durante periodos relativamente cortos, y en los lugares donde haya maquinaria pero ésta no se utilice de manera continua”. “A fin de limitar el número de mediciones y registros, no será necesario medir los niveles de ruido de los espacios, las bodegas, las zonas de cubierta no ocupados habitualmente ni en otros espacios muy alejados de las fuentes de ruido”. “En las bodegas de carga, se usarán tres posiciones para micrófonos en las partes de las bodegas en las que es posible que el personal lleve a cabo labores”.

3.4.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship

Esta normativa refleja los siguientes factores condicionantes:

a) Condiciones operacionales en las pruebas de mar

Las mediciones del ruido se realizaran en las siguientes condiciones:

- A la velocidad máxima permanentemente.
- A la velocidad normal de crucero.

b) Condiciones operacionales en puerto o fondeado

“Las mediciones en estas condiciones operacionales se realizarán con los motores auxiliares y la ventilación funcionando a velocidad normal y con la carga máxima disponible”.

c) Procedimientos de medición

“En los espacios de trabajo y en los alojamientos no deberán de estar presente, más de la ocupación normal”.

“La ventilación y los equipos aire acondicionado estarán en su modo normal de funcionamiento”.

“Las lecturas del nivel de la presión acústica se tomarán en decibelios utilizando un filtro de ponderación A (dB(A)) y un filtro de ponderación C (dB(C)) y, si es necesario, también en bandas de octava entre 31,5 Hz y 8 000 Hz”.

- Análisis del ruido espectral

“Las medidas con los filtros de banda de octava centrados en las frecuencias de 31,5 Hz a 8000 Hz se llevarán a cabo en los siguientes casos”:

- Cuando el criterio dBA no se cumple y por lo tanto la NCR tiene que aplicarse.
- Para una posición de medida en cualquier compartimento.
- Para todos los espacios de trabajo en los cuales la comunicación hablada es importante.

d) Puntos de medición

“Las medidas se llevarán a cabo en al menos tres posiciones, en cualquiera de los compartimentos donde sea requerido debido a los niveles de ruido”.

“Todas las mediciones se harán a 1,2 m sobre el suelo. Los micrófonos se encontrarán al menos a 0.4 m de cualquier superficie reflectante, entradas de aire y exteriores, además de la persona que efectúa la medición a fin de minimizar los efectos de las reflexiones y el flujo del aire. Si la configuración del espacio lo permite, la distancia a los mamparos, salidas de aire y exteriores será de un metro. La distancia entre dos posiciones de medición será aproximadamente de 2 m”.

- Mediciones en los espacios de trabajo

“En cualquier espacio de trabajo las mediciones se llevarán a cabo fuera de la cercanía del oído del operador”.

- Mediciones en los espacios de alojamiento

“Deberían realizarse mediciones adicionales en otros puntos, dentro del alojamiento, especialmente a la altura de la cabeza de una persona sentada o echada”.

- Mediciones en los espacios de máquinas

“En las salas de máquinas las mediciones se llevarán acabo fuera de las posiciones de maniobra de las máquinas principales y de otros espacios donde se trabaje de forma habitual, asi como en los pasillos y en los espacios ocupados o desocupados”.

- Mediciones en los espacios de gobierno

“En los espacios de gobierno las mediciones se realizarán en al menos tres lugares, uno en la posición helmsman`s oído y los otros, por ejemplo en el radar y posiciones de maniobra. Durante el proceso de mediciones en el puente, la puerta a sotavento estará abierta. Todos los instrumentos de navegación como el radar, sondadores, giroscópico, así como limpiaparabrisas, etc, estarán en funcionamiento”.

- Alerones, puentes al aire, puestos de guardia a la intemperie

“En los alerones las mediciones se llevarán a cabo fuera de las posiciones del oido del operador, cerca de los repetidores de giroscópica o en similares posiciones”.

“En los puestos de guardia que se encuentren a la intemperie las mediciones se llevarán en las posiciones normales de trabajo, cuando las medidas sean en exteriores, los micrófonos estarán protegidos mediante pantallas para minimizar las incidencias del viento. La velocidad relativa del viento no deberá exceder del límite expecificado”.

3.4.4 Comf-Noise de Boreau Veritas

El documento Comf-Noise en su apartado 3, especifica lo siguiente:

a) Condiciones ambientales

En general las condiciones meteorológicas estarán dentro de los siguientes límites:

“Viento que no supere la escala Beaufort 3 (7-10 nudos) y un estado de las mar que no supere fuerza 3 (0.5 a 1.25 m)”.

“La profundidad del agua deberá ser, al menos 5 veces el calado medio del buque”.

b) Procedimientos de medición

“Durante las mediciones, el ruido que procedente de cada tipo de actividad humana innecesaria debe evitarse en la medida de lo posible”. (Ruido de fondo).

“Con este fin, sólo el personal necesario para el normal funcionamiento del buque y los que llevan a cabo las mediciones han de estar presentes”.

“El nivel de ruido se mide en unidades de dB utilizando el filtro de ponderación A, a menos que la Autoridad Naval especifique lo contrario”.

Puntos de medición

Las medidas se realizarán de la siguiente forma:

“Al menos en el 30% de los camarotes y de todos los alojamientos adyacentes a los motores o espacios de máquinas”.

“Todos los comedores y espacios recreativos”.

“Todos los espacios con dotación permanente en condiciones normales de funcionamiento”.

“Para espacios de más de 50 metros cuadrados se realizarán dos medidas convenientemente espaciadas”.

- Mediciones en los espacios de máquinas

“Las mediciones se deben llevar a cabo con las plantas propulsión en condiciones de funcionamiento normal, a menos que la Autoridad Naval especifique otra cosa”.

“Durante las mediciones, la ventilación forzada y los sistemas de aire acondicionado (HVAC sistemas) han de estar operando, así como los sistemas auxiliares utilizados en condiciones normales del servicio”.

3.4.5 Solución Adoptada

Como se puede observar, el documento técnico más completo, pues contempla más factores condicionantes posibles para los procesos y lugares de medición, es el correspondiente a la OMI. Las demás publicaciones, o bien no recogen entre sus apartados ninguna especificación del modo en el que se deben realizar las medidas, o bien, si lo hacen, incluso reproducen entre sus partes de forma textual lo anteriormente recogido en el documento de la OMI.

Por ello se concluye, que la normativa de la OMI, en su apartado de mediciones, resulta lo suficientemente completa y apropiada para redactar una normativa tipo. Por lo cual sus recomendaciones íntegras se recogerán en el presente capítulo, incorporando los aspectos diferenciadores de los otros documentos evaluados, tales como:

Las medidas con los filtros de banda de octava centrados en las frecuencias de 31.5 Hz a 8000 Hz se llevarán a cabo en los siguientes casos:

- Cuando el criterio dBA no se cumple y por lo tanto la NCR tiene que aplicarse.
- Para una posición de medida en cualquier compartimento.
- Para todos los espacios de trabajo en los cuales la comunicación hablada es importante.

Viento que no supere la escala Beaufort 3 (7-10 nudos) y un estado de la mar que no supere fuerza 3 (0.5 a 1.25 m).

Las medidas se realizarán al menos en el 30% de los camarotes y todos los alojamientos adyacentes a los motores o espacios de máquinas, además de en todos los espacios con dotación permanente en condiciones normales de funcionamiento.

Para espacios de más de 50 metros cuadrados se realizarán dos medidas convenientemente espaciadas.

Además, se considerarán de modo complementario los siguientes aspectos:

El Real Decreto 1367/2007 establece, como precaución en la realización de las medidas para la evaluación de los niveles sonoros, las siguientes condiciones ambientales:

Las condiciones de humedad y temperatura deberán ser compatibles con las especificaciones del fabricante del equipamiento de medida.

Las mediciones en el medio ambiente exterior se realizarán usando equipos de medida con pantalla antiviento.

Cuando en el punto de evaluación la velocidad del viento sea superior a 5 metros por segundo se desistirá de la medición.

3.5 Capítulo 4 de la Normativa Tipo: Niveles acústicos máximos de referencia

3.5.1 Planteamiento General

Cuando se produce un sonido, la presión del aire que nos rodea cambia levemente según avanza la onda de propagación, aumentando y disminuyendo en pequeñas fracciones de segundo.

Esta diferencia instantánea de presión respecto a la presión atmosférica debida a la onda sonora se llama presión acústica.

El nivel de presión sonora cuantifica la presión acústica que genera una onda y se mide mediante una escala logarítmica en decibelios (dB) entre 0 dB (umbral de audición) y 120 dB (umbral del dolor).

Así, en el caso del nivel de presión sonora en aire la escala adopta como referencia 20 μPa , mientras que en agua se utiliza 1 μPa .

- Evaluación del ruido ambiental: Variación de los niveles sonoros con el tiempo.

La legislación en materia acústica regula, en virtud a unos límites o valores máximos permitidos, los niveles de recepción de ruidos transmitidos al interior de espacios.

En este sentido, en un buque, los niveles acústicos además de provenir de fuentes sonoras con características diferentes, fluctúan en el tiempo. Por ello, en la mayoría de los casos, las normativas acústicas establecen los mencionados límites máximos permitidos en función de parámetros acústicos que reflejan valores promedios para el tiempo de medida considerado, caracterizando así el ruido por medio de un único valor de cara a la obtención de resultados comparables, manejables y prácticos.

Por ello, el parámetro que más importancia práctica posee de cara a la evaluación de niveles sonoros es el *nivel continuo equivalente o nivel de presión acústica eficaz ponderado A*, L_{Aeq} (en dBA), promediado durante un tiempo de medida. Se puede considerar como el nivel continuo de ruido que permaneciendo constante tendría la misma energía acústica que el ruido fluctuante real, para el periodo de tiempo considerado. Así mismo, dicha importancia radica en su manejabilidad matemática y en su fuerte asociación con los niveles de molestia del ser humano, y por esto fue adoptado como parámetro principal por gran parte de las legislaciones, tanto para llevar a cabo medidas acústicas como para abordar la gestión de la contaminación por ruido.

Además, a modo orientativo, diversas normativas reguladoras de ruido ambiental, requerían la obtención de los parámetros estadísticos de orden denominados Percentiles, L_{AN} , que se definen como los niveles sonoros (en dBA) rebasados el N% del tiempo de medida muestreado. Dentro de los niveles percentiles, resultan particularmente significativos los valores de L_{A10} (que se asemeja, en gran medida, al nivel máximo de ruido que se ha obtenido en el intervalo de medida) y L_{A90} (aproximación al nivel de ruido de fondo o nivel más bajo obtenido durante el periodo de medición).

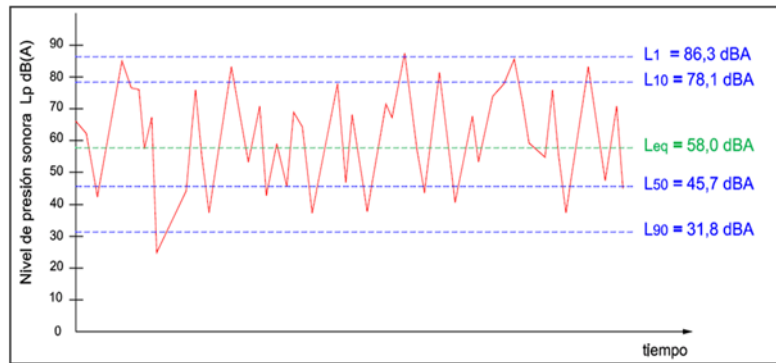


Figura 3.5-1 Niveles percentiles (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”)

- Curvas encaminadas a evaluar el ruido de fondo en un espacio

En numerosas ocasiones, y para determinadas aplicaciones, se definen los criterios del ruido de fondo de los recintos (niveles acústicos en el interior de estos en ausencia de la actividad en ellos desarrollada), no por medio de un único valor global sino mediante una serie de curvas que establecen una relación entre los niveles de presión sonora y las distintas frecuencias. Las curvas frecuenciales empleadas habitualmente son: Curvas NC, Curvas NCR y Curvas PNC (cada una de las cuales poseen características peculiares en función de la frecuencia).

A modo de ejemplo, un determinado espacio cumple los requisitos de la curva NC-25 cuando, una vez medido el ruido de fondo en él, cada uno de los niveles de presión sonora de las distintas bandas de octava entre 63 Hz y 8000 Hz se sitúan por debajo de la curva indicada (NC-25).

Los niveles de presión sonora correspondientes a esta curva son:

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global (dBA) ³
Niveles de la curva NC-25 (SPL, en dB)	54	44	37	31	27	24	22	21	36

Figura 3.5-2 Niveles presión sonora (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”)

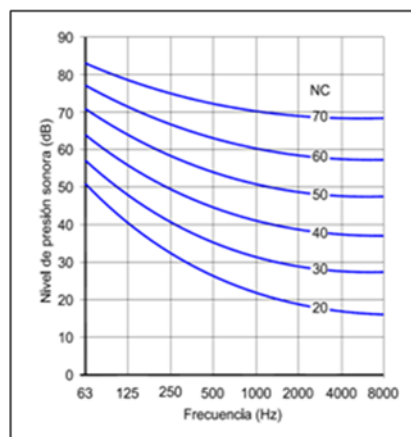


Figura 3.5-3 Evaluación de las curvas del ruido (Fuente: “Guía Acústica de la Construcción”)

3.5.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)

La OMI, en su capítulo 4, especifica que los límites que se muestran en su documento deben ser considerados como niveles máximos y no, evidentemente, como niveles deseables. También se recomienda, en este mismo capítulo, que los niveles de ruido sean inferiores a los niveles máximos especificados.

Se realizarán las medidas para la obtención de estos valores sonoros existentes, mediante la cuantificación del **nivel acústico continuo equivalente en cada espacio**.

En los espacios amplios, en los que existan muchos puntos posibles de medición, se comparará el resultado de cada punto de medición con los límites. Los límites se especifican como niveles acústicos con ponderación A. A continuación se detallan tales límites para diversos espacios:

Designación de salas y espacios	Tamaño del Buque Tamaño	
	1600-10000GT	> 10000GT
Espacios de trabajo Espacios		
Espacios de máquinas	110	110
Cámaras de mando de máquinas	75	75
Talleres que no formen parte del espacio de	85	85
Espacios de trabajo no especificados	85	85
Espacios de Gobierno		
Puente de navegación y cuarto de Derrota	65	65
Puestos de viga, incluidos alerones y ventanas	70	70
Cuartos de radio	60	60
Cuartos de radar	65	65
Espacios de alojamiento		
Camarotes y enfermerías	60	55
Comedores	65	60
Salas de recreo	65	60
Zonas de recreo al aire libre	75	75
Oficinas	65	60
Espacios de servicio		
Cocinas con el equipo de elaboración de eleme	75	75
Oficios	75	75
Espacios no ocupados normalmente		
Otros espacios	90	90

Figura 3.5-4 Límites nivel ruido OMI

3.5.3 Stanag 4293 Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship

Esta publicación define tres parámetros acústicos de referencia, el **nivel máximo de presión sonora**, las curvas de ruido y los niveles de interferencia de la comunicación, aunque para levantar sus tablas sobre niveles máximos solo utiliza los dos primeros, y lo hace en función de tres regímenes de máquinas diferentes (velocidad máxima, velocidad normal y fondeado).

La STANAG 4293 define el nivel máximo de ruido (MNL), como el nivel de ruido normalmente aceptable dentro de un espacio o compartimento, transmitido tanto desde el exterior como desde el interior, generado por los equipos de instalación permanente, cuando estos se encuentran en su modo normal de trabajo.

Los límites se especifican como niveles de presión acústica con ponderación A.

Introduciremos en este apartado la definición que esta publicación realiza de lo que denomina **niveles de interferencia en la comunicación**, o índice de evaluación de la posible interferencia de ruido en la comunicación.

Si bien no utilizaremos en este apartado este concepto, ya que determina sus niveles en función de las distancias entre los interlocutores y el nivel de voz empleado, y no en función de esta misma capacidad en compartimentos concretos, queremos dejar constancia de su existencia. Así, representa un promedio de los niveles de presión sonora en las bandas de octava centrado en las frecuencias de 500, 1000, 2000 Hz.

A continuación se especifican los límites del nivel de ruido (dB(A)) para diversos espacios:

Espacios/Categoría espacios	Fondeados (suministro eléctrico propio)		Navegacion normal		Vel. max. permanente	
	DB(A)	NCR	DB(A)	NCR	DB(A)	NCR
Espacios médicos	50	45	60	55		
Zonas de atraque	50	45	60	55		
Comedores(usados como puestos de socorro)	50	45	65	60		
Oficinas , bibliotecas	65	60	65	60		
Cocina ,despensa,gimnasio,lavadero,tiendas	70	65	75	70		
Sala de máquinas y auxiliares ocupadas permanentemente	90	85	90	85		
Sala de máquinas y auxiliares ocupadas temporalmente	110	105	110	105		
Cámara de control central			70	65	70	65
Puestos de trabajo excepto los electrónicos	85	75	80	75		
puestos de trabajo electronicos	70	65	70	65		
pañoles munición	75	70				
Espacios de Gobierno,CIC	60	55	60	55	60	55
Comunicaciones			70	65	70	65
Alerones puente			70	65	70	65
Espacios exteriores ocupados permanentemente			75	70	75	70

Figura 3.5-5 Límites de ruido Stanag 4293

3.5.4 Estandares de Habitabilidad para Buques de Nueva Construcción

La publicación del Estado Mayor de la Armada realiza, en primer lugar, una categorización del ruido según los requerimientos funcionales de la dotación, en todas las condiciones de operación.

Los niveles máximos de ruido son aplicables a cualquier tipo de operación incluyendo máxima velocidad sostenida y maquinaria principal y/o auxiliar al máximo régimen de funcionamiento. No se tiene en cuenta el ruido accidental. Esta clasificación no distingue la calidad del tipo de ruido (en intensidad o en frecuencia).

A continuación se refleja la clasificación según los requerimientos funcionales:

- **Categoría A**

“Espacios en los que la comunicación hablada directa debe ser comprendida con un mínimo error y sin necesidad de repetición. Dentro de esta categoría se distinguen 2 subcategorías”:

- Subcategoría A12

“Los niveles de ruido aceptable entre el emisor y receptor deben ser tales que a la distancia menor o igual a 1,8 m. la conversación sea comprendida en los puntos establecidos. Estos espacios están permanentemente ocupados por personal”.

- Subcategoría A-3

“Será correspondiente a una distancia mayor o igual a 1.8 m. donde la conversación sea comprendida en los puntos establecidos. Estos espacios no están permanentemente ocupados por personal”.

- **Categoría B**

“Espacios en los que el confort del personal es la mayor prioridad y donde las comunicaciones son secundarias”.

- **Categoría C**

“Espacios donde es esencial mantener condiciones especiales de tranquilidad”.

- **Categoría D**

“Espacios donde hay altos niveles de ruido en los cuales las comunicaciones por voz no son importantes y la prevención de la pérdida auditiva es la principal consideración. Dentro de la categoría se distinguen 2 subcategorías”:

- Subcategoría D-12. Estos espacios están permanentemente ocupados por personal.

- Subcategoría D-3. Estos espacios no están permanentemente ocupados por personal.

- **Categoría E**

“Áreas con alto nivel de ruido, en las cuales la comunicación por voz supone un alto esfuerzo de vocalización a cortas distancias y donde se emplean mecanismos de amplificación de voz y los teléfonos se encuentran normalmente disponibles”.

“Una vez identificados los requerimientos funcionales de los espacios a bordo, se procederá a la asignación de las categorías. Para los espacios no especificados en esta asignación se les asignará la misma categoría que los listados en los espacios con similares funciones”.

- **Categoría A**

- Subcategoría A-12

CIC, local de derrota, puente, local de control sonar, cámara de mando y control en submarinos.

- Subcategoría A-3

Cámara de control de daños, compartimentos dedicados a la Instrucción y Adiestramiento (I+A), salas de reuniones y de alerta, cámaras de maniobra, centralita, cámaras de control, compartimento de misiles, centro de control de misiles, local radio, compartimentos y centrales de artillería (salvo cuando se esta haciendo fuego), planta propulsora y estaciones de trabajo adjuntas.

- **Categoría B**

Peluquería, lavandería, talleres, compactador de basura, cocina, zonas de estudio, recreativas y de esparcimiento (biblioteca, zona multimedia, etc.), comedores y Capilla.

- **Categoría C**

Chazas, camarotes y sollados, compartimentos y espacios de sanidad.

- **Categoría D**

Sala de máquinas, diesel generadores, salas de máquinas auxiliares, cámara de la reductora, cámara de propulsión, servo, compartimentos de maquinaria auxiliar, compartimentos con enfriadores y eyectores, zonas de maniobra de la planta propulsora.

- **Categoría E**

Alerones del puente, puente exterior, sala de torpedos, espacios de aire adyacentes, piques, etc, zonas de cubierta permanentemente ocupadas por personal.

En este documento los límites sonoros se especifican como **niveles de presión acústica con ponderación A**. A continuación se reflejan los límites del nivel de ruido (dB(A)) para los diversos espacios:

Categoría del Ruido	Nivel de presión sonora (dBA)
A-12	60
A-3	70
B	75
C	65
D-12	90
D-3	110
E	75

Figura 3.5-6 Límites nivel de ruido EMA

3.5.5 Comf-Noise de Boreau Veritas

La Sociedad de clasificación asigna su notación COMF-NOISE en aquellos espacios muestreados si los valores sonoros medidos resultan inferiores o iguales a los valores máximos establecidos bajo sus criterios. Si se encuentran valores por encima de estos, podrán ser aceptados siempre que:

- *Estos valores no representen más del 10% del total de los puntos donde se efectuó la medición dada.*
- *Sean inferiores o iguales a $L_{max} \pm 5$ dB(A).*

Los límites se especifican como **niveles de presión acústica con ponderación A**.

Los niveles máximos de referencia se especifican en la siguiente tabla, teniendo en cuenta la tipología de los espacios. No obstante, en el documento, en sus puntos 3.2.2 y 1.1.3 se especifica que las Autoridades Navales correspondientes pueden especificar otros valores.

A su vez, como ya se introdujo en el ámbito de aplicación, este documento refleja exclusiones: “las salas de máquinas y otros espacios similares, si se encuentran ocupados de forma permanente, serán estudiados caso por caso y teniendo en cuenta la normativa de la Organización Marítima Internacional OMI”, por ello no aparecen en el siguiente cuadro.

Espacios	L _{max} (dBA)
Puente	65
Salaas operaciones	60
Camarotes	60
Oficinas	65
Zonas de recreo	65
Comedores	65
Hospital	60
Cocinas	75
Espacios de trabajo, lavanderia	80
Sala de maquinas	70

Figura 3.5-7 Límites nivel de ruido Boreau Veritas

3.5.6 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering

Respecto de los niveles máximos, encontramos en esta publicación dos formas diferentes de expresarlos, una mediante un cuadro en el que a cada espacio le corresponde un **nivel de ruido máximo**, y otra en función de las necesidades de comunicación de la dotación, para los cuales también define una serie específica y concreta de espacios y los niveles máximos permitidos.

“La reducción de ruido debe permitir la comunicación verbal. El ruido en los espacios de trabajo se reducirá a niveles que permiten la comunicación directa (persona a persona) o a través del teléfono, para permitir establecer un ambiente de trabajo acústico aceptable”.

- Espacios de trabajo generales

“En las áreas que requieren el uso del teléfono de manera ocasional o comunicación directa ocasional a distancias de hasta 1,5 metros, no será superior a 75 dBA (por ejemplo, talleres de mantenimiento y refugios, garajes, áreas de máquinas de a bordo)”.

- Areas operativas

“En las áreas que requieren el uso del teléfono frecuente o comunicación directa ocasional a distancias de hasta 1,5 metros no serán superiores a 65 dBA (por ejemplo, centros de operación, de mando y de comunicación, refugios móviles, centros de información de combate)”.

- Espacios de trabajo grandes

“En las áreas que no requieren ninguna dificultad con el uso del teléfono o que requieren la comunicación directa de vez en cuando a distancias de hasta 4,6 metros no excederán de 55 dBA (por ejemplo, oficinas en talleres, laboratorios)”.

- Pequeños espacios de oficina / áreas especiales

“En las áreas que requieren que no haya ninguna dificultad con la comunicación directa no excederán de 45 dBA (por ejemplo, salas de conferencias, bibliotecas, oficinas, centros de mando y control)”.

- Zonas tranquilas extremas

“Las áreas que requieren extrema tranquila, no excederán de 35 dBA”.

- Espacios a bordo

“Los niveles máximos de ruido permitidos para los espacios a bordo no superarán los indicados en la siguiente tabla. Los espacios y categorías que no están cubiertos en la tabla serán los que figuran en la definición detallada de la construcción naval (por ejemplo, salas de control). Los límites se especifican como **niveles de presión acústica con ponderación A**”.

Espacios	Límite (dBA) max.	Límite (dBA) Pref.
Espacios de trabajo		
Espacios de máquinas con dotación permanente	90	84
Espacios de máquinas sin dotación permanente	110	95
Cámaras de máquinas	75	65
Talleres	84	75
Espacios de trabajo no especificados	95	84
Espacios de navegación		
Puente de navegación y derrota	65	55
Puestos de serviolas, alerones y ventanas del puente de navegación	70	60
Local radio (equipo funcionando sin emisión de señales acústicas)	60	55
Cuartos radar	65	55
Espacios de alojamiento		
Camarotes y enfermerías	60	50
Comedores	65	55
Salas de recreo	65	55
Zonas de recreo al aire libre	85	75
Oficinas	65	55
Espacios de servicio		
Cocinas	75	65
Líneas servicio, despensa, almacenes	84	70
lavandería	84	75
Espacios no ocupados habitualmente		
Espacios no especificados	90	84

Figura 3.5-8 Límites nivel de ruido Mil-Std 1472

3.5.7 Solución Adoptada

Una vez analizados los documentos técnicos acústicos indicados, encontramos en todas estas publicaciones un punto de partida común, los límites se expresan en función de la escala de ponderación A.

Cada una de estas publicaciones establece una división en la compartimentación que, si bien es muy similar, podría resultar incompleta en la mayoría de los casos al referirnos a un buque de guerra. Es, en este apartado, donde podríamos destacar la publicación de la Armada Estándares de Habitabilidad para buques de Nueva Construcción, que es la que realiza una mejor división de la compartimentación, o, al menos, una que se ajusta más a nuestras pretensiones. Por tanto, utilizaremos pues este documento para la división de espacios.

No así para el establecimiento de los niveles máximos, pues nos basaremos en los datos del resto de publicaciones, estudiando espacio por espacio y eligiendo el valor que a nuestro criterio sea el más idóneo dadas las peculiaridades de los buques a los que va dirigida esta normativa tipo.

En el caso particular de la publicación del Estado Mayor de la Armada, como ya se mencionó, aunque aplica unos valores acústicos de referencia, no hace mención al proceso de medición, ni en que condiciones, un factor que se tendrá muy en cuenta a la hora de su utilización.

Con respecto a los niveles establecidos en función de la comunicación verbal y la distancia, tras realizar un estudio comparativo entre las tres publicaciones que poseen entre sus contenidos estos datos, se llega a la conclusión de que existe una gran disparidad de criterios en relación con las distancias requeridas de comunicación y valores. Así, la STANAG 4293 distingue dos criterios, como son la distancia (estableciendo sus límites entre 0,15 y 3,6 metros) y la intensidad de la voz (distingue hasta cuatro clases distintas, voz normal, voz elevada, muy elevada y grito). La norma Mil-Std considera los límites de la comunicación hablada en hasta 4,6 metros, refiriéndose a la compartimentación en rasgos generales y más concretamente haciendo su división por espacios. Aunque, si que distingue, a diferencia de la STANAG 4293, las necesidades operativas de los mismos, dando en cada caso una distancia límite para la comunicación y un nivel máximo de ruido. Por último, la publicación del Estado Mayor de la Armada que sólo considera la distancia en el primero de sus casos (cuando la comunicación es imprescindible y utiliza como punto de referencia 1,8 metros para la subdivisión de sus espacios tipo A).

Además, la documentación de la STANAG no tiene en cuenta el compartimento del que se trata ni los requerimientos que en ese compartimento en un momento dado puedan darse, por lo que se podrían considerar demasiados generales y, hasta cierto punto, poco aplicables dados determinados espacios.

Si que podría resultar interesante el hecho de especificar determinados ambientes que quizá al tratar los niveles límites podrían quedar fuera, como son las áreas de extrema tranquilidad (que la norma Mil-Std delimita en 35 dBA) y que ninguna otra publicación menciona, o, además, lo que este documento define como áreas especiales, y en las que los niveles de ruido considerados son también los más bajos de los casos estudiados.

A continuación, se reflejan los niveles de ruido máximo, que a nuestro criterio deberían emplearse en función del tipo de espacio.

Estos valores vienen expresados mediante el parámetro **nivel continuo equivalente L_{Aeq} (dBA)** y para la justificación de su cumplimiento mediante medición en el barco se tomará un tiempo de medida de 30 segundos.

El número de muestras vendrá determinado en función del volumen del local receptor, de modo que, en la mayoría de los casos será suficiente un punto de medida en el centro de la estancia.

CATEGORIAS	Límite (dBA)	NCR
Espacios permanentemente ocupados		
CIC	60	55
Local derrota	60	55
Puente	60	55
Local sonar	60	55
Cuarto radar	60	55
Cámara mando y control submarinos	60	55
Espacios no permanentemente ocupados		
Cámara control de daños	70	65
Salas reuniones y alerta	70	65
Cámaras de maniobra	70	65
Cámaras de control	70	65
Compartimento misiles	70	65
Centro control misiles	70	65
Local radio	60	55
Compartimentos y centrales de artillería	70	65
Planta propulsora y zonas de trabajo adjuntas	70	65
Espacios de alojamiento (Prioridad confort)		
Peluquería	75	70
Lavandería	75	70
Talleres	80	75
Compactadora basura	75	70
Cocina	75	70
Zonas estudio, recreativas y esparcimiento	65	60
Comedores	65	60
Capilla	65	60
Especial tranquilidad		
Chaza, camarotes y sollados	60	55
Compartimentos y espacios de sanidad	60	55
Altos niveles de ruido Comms no importantes		
Sala de máquinas con dotación permanente	90	85
Sala de máquinas sin dotación permanente	110	105
Diesel generadores	110	105
Salas de máquinas auxiliares	110	105
Cámara de la reductora	110	105
Servo	110	105
Compartimentos de maquinaria auxiliar	110	105
Compartimentos de enfriadores y eyectores	110	105
Cámara de propulsión	110	105
Zonas maniobras de la planta propulsora	110	105
Altos niveles de ruido Comms alto esfuerzo		
Alerones puente	75	70
Puente exterior	75	70
Sala torpedos	75	70
Zonas de aire adyacente	75	70
Zonas de cubierta permanente	75	70

Figura 3.5-9 Cuadro resumen

3.6 Capítulo 5 de la Normativa Tipo: Límites de exposición al ruido

3.6.1 Planteamiento General

Al igual que sucede en capítulos anteriores, no todas las publicaciones gestionan este concepto en su documentación. Se trata de un parámetro diferente al anterior porque en la exposición al ruido, es un parámetro relacionado con el tiempo; es decir, el tiempo máximo a la que puede estar expuesta una persona diariamente en función de la intensidad del ruido.

3.6.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)

La OMI, en su capítulo 5, indica:

“Los límites del nivel de ruido, se han proyectado de forma que, si se observan, la gente de mar no quede expuesta a un nivel $L_{eq}(24)$ que exceda de 80 dB(A), es decir, que la exposición a ruido continuo equivalente durante un día o un periodo de 24 horas no exceda de 80 dB(A). En el caso de los buques nuevos, debería verificarse que se cumplen estos criterios tomando como base las mediciones de las pruebas en el mar de los niveles de ruidos mediante el cálculo de la exposición al ruido prevista de cada categoría”.

Este organismo establece, además, una división por zonas, en las que se especifica tanto el tiempo de exposición como el nivel de ruido y la obligatoriedad o no de sistemas de protección:

- **Máxima exposición con protección (zona A, figura 6-1)**

“La gente de mar, aún cuando lleve protectores para los oídos, en ningún momento debería quedar expuesta a niveles que excedan de 120 dB(A) ni a un nivel $L_{eq}(24)$ que exceda de 105 dB(A)”.

- **Exposición ocasional (zona B, figura 6-1)**

“En la zona B sólo debería permitirse la exposición ocasional y deberían utilizarse protectores para los oídos con una reducción de entre 25 y 35 dB(A)”.

- **Exposición ocasional (zona C, figura 6-1)**

“En la zona C sólo debería permitirse la exposición ocasional y deberían utilizarse protectores para los oídos con una disminución de 25 dB(A) como mínimo”.

- **Exposición diaria (zona D, figura 6-1)**

“Si la gente de mar realiza trabajos corrientes (exposición diaria) en espacios cuyos niveles de ruido sean los propios de la zona D, debería llevar protectores para los oídos con una reducción de hasta 25 dB(A) como mínimo, se debería efectuar una evaluación de riesgos, y cabrá considerar la conveniencia de hacer uso de un programa para la conservación de las facultades auditivas”.

- **Máxima exposición sin protección (zona E, figura 6-1)**

“Para periodos inferiores a ocho horas, la gente de mar que no lleve protectores para los oídos no debería quedar expuesta a niveles de ruido que excedan de 85 dB(A). Cuando permanezca más de

ocho horas en espacios en los que haya un nivel de ruido elevado, éste no debería exceder del expresado por la fórmula $L_{eq}(24)$ de 80 dB(A). Por consiguiente, durante al menos un tercio de cada periodo de 24 horas los tripulantes deberían hallarse en un entorno cuyo nivel de ruido no exceda de 75 dB(A)”.

Este texto introduce, además, el concepto de límite del nivel acústico continuo equivalente durante 24 horas ($L_{Aeq}(24)$), que define de la siguiente manera:

“Una posibilidad distinta a la de dar cumplimiento a lo dispuesto en la figura de abajo es que ningún marino que no lleve protección pueda quedar expuesto durante 24 horas a un nivel acústico continuo equivalente que exceda de 80 dB(A). La exposición diaria en espacios en los que se exija el empleo de protectores para los oídos no excederá de cuatro horas seguidas ni de ocho horas en total”.

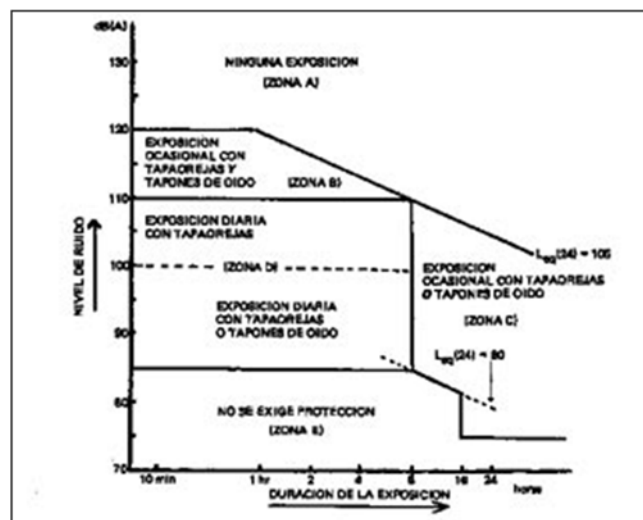


Figura 3.6-1 Resumen niveles exposición OMI

3.6.3 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering

Esta publicación, en su apartado 5.5.4.4.4, en referencia a los límites de exposición al ruido, se remite a los valores dados por la OMI. A su vez, remite a este mismo documento en el punto 5.5.4.4.4 en referencia al límite del nivel acústico continuo equivalente durante 24 horas.

Esta publicación introduce el concepto de: “zona alta de ruido: Cualquier área donde los niveles de ruido superan los 84 dBA se clasificará como una “zona de alto ruido”. Se pondrá en consideración reducir la exposición del personal al ruido elevado mediante la reubicación de manejo, indicadores y estaciones de trabajo en “áreas ruidosas” mediante la aplicación de manejo remoto de los equipos en espacios separados, aislados acústicamente”.

3.6.4 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

El Real Decreto 286/2006, en su artículo 5, indica:

“A los efectos de este Real Decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en”:

- *Valores límite de exposición: $L_{Aeq, d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$, respectivamente.*
- *Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq, d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$, respectivamente.*
- *Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq, d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$, respectivamente.*

“Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores”.

“En circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que”:

“El nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A) , y se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades”.

3.6.5 Solución Adoptada

No todas las publicaciones analizadas abordan el límite de exposición al ruido, y, aquellas que lo hacen, prácticamente trasponen la información que publica la OMI.

Es de reseñar que el Real Decreto 286/2006 basa toda su información al respecto curisamente en este aspecto, que, como se observó en el capítulo anterior, no ofrecía ningún tipo de información en cuanto a los niveles máximos de ruido.

Así, el Real Decreto introduce tres valores de exposición día: límite, superior (cuyo dato resulta en este punto similar al que ofrece la OMI) y por último, uno inferior.

Parece, pues, claro que podemos seleccionar el valor de 80 dBA como la máxima exposición diaria (24 horas) sin protección, 84,9 dBA como el límite de exposición sin protección durante un periodo máximo de ocho horas y el de 75 dBA durante al menos un tercio de cada periodo de 24 horas.

Es importante observar que para garantizar la legalidad de no usar auriculares de protección, la Armada Americana exige 84dB, es decir, por debajo, y no iguales a los 85dB, como recoge la OMI.

En cuanto a los límites superiores establecidos en el Real Decreto, se consideran a juicio de este documento excesivo para una exposición diaria, no así si fuese para una exposición ocasional.

3.7 Capítulo 6 de la Normativa Tipo: Aislamiento Acústico

3.7.1 Planteamiento General

El aislamiento acústico en los buques es esencial para proporcionar la comodidad a su tripulación, por ello resulta importante interpretar las características de soluciones de aislamiento y acondicionamiento acústico y su evaluación “in situ” entre espacios.

a) Introducción a los tipos de ruidos

- Ruido aéreo

Es el ruido inducido por la perturbación generada en los volúmenes de aire que rodean a las fuentes sonoras. Así, cuando las ondas acústicas originadas por las diversas fuentes inciden sobre un sistema separador de dos espacios, éste responderá a esta fuerza de excitación entrando en vibración forzada y convirtiéndose en un nuevo foco sonoro emisor secundario de ruidos aéreos que, a su vez, modificará el estado de reposo de la capa de aire inmediatamente próxima en el recinto contiguo, transmitiéndose de este modo el ruido a los demás locales.

- Ruido de impacto

Los golpes que se producen en la estructura provocan que vibre y se convierta en un foco sonoro. Además, debido a la alta rigidez de la mayoría de elementos y su tipo de unión, la excitación inicial inducida por el impacto se transmite rápidamente y con elevada intensidad por la estructura de la nave. De este modo, las vibraciones de los paramentos ponen en movimiento las partículas de aire contiguas a ellos, lo cual induce la aparición de ruidos aéreos no sólo en el local inmediatamente inferior excitado por el impacto, sino también en otros espacios.

- Ruido de las instalaciones

Este apartado abarca los niveles sonoros molestos generados por las instalaciones del buque. Los ruidos aéreos provienen en el caso de buques, en gran medida, de vibraciones estructurales generadas por los elementos mecánicos de la nave (ruidos estructurales).

b) Valoración del aislamiento acústico a ruido aéreo: índices

La pérdida de transmisión (PT) ó aislamiento acústico (R) de un elemento constructivo puede determinarse y expresarse a través de una serie de índices o términos. A continuación se reflejan los principales índices empleados en normativas acústicas relacionadas con el aislamiento acústico a ruido aéreo.

- Aislamiento acústico bruto (D)

Se trata del índice que refleja de manera más simple el aislamiento propiciado por un elemento constructivo, pues establece la relación entre los niveles medios de presión acústica en los espacios separados por dicha partición (L1 en el recinto emisor y L2 en el receptor, ambos en dB):

$$D = L_1 - L_2 \text{ (dB)}$$

Dado que el aislamiento propiciado por un elemento constructivo varía en función de la frecuencia, este índice se ha de calcular para cada una de éstas.

Cuando el ensayo no se realiza en laboratorio sino in situ, se ha de corregir el nivel medio de presión sonora medido en el recinto receptor en función del ruido de fondo existente en ese recinto.

El resultado obtenido según el índice D dependerá de las características acústicas del espacio receptor, ya que la medida del nivel recibido en el espacio receptor (L_2) recoge no solo el sonido transmitido a través del elemento sino también el porcentaje de éste que es reflejado en los cerramientos de dicho local. Es decir, el nivel medio de presión acústica en el espacio receptor dependerá del carácter más o menos absorbente que éste posea. Por tal motivo, con objeto de independizar el aislamiento de las particiones de las condiciones reverberantes del espacio receptor, a la definición del **índice de aislamiento acústico** bruto se le añaden unos factores correctores que tienen en cuenta las características del local receptor y que dan lugar a nuevos índices de aislamiento a ruido aéreo.

- **Índice de reducción sonora (R)**

Representa el aislamiento acústico de un elemento constructivo medido en laboratorio según las directrices de la Norma UNE EN ISO 140-3.

Se calcula para cada frecuencia del sonido incidente según la siguiente expresión:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \text{ (dB)}$$

Como se puede apreciar, la definición del índice se basa en el aislamiento bruto, al cual se le añade un factor corrector debido a la casuística mencionada anteriormente, donde S es el área del elemento constructivo del cual queremos conocer su aislamiento y A representa el área de absorción sonora equivalente del recinto receptor (ambos parámetros expresados en m^2). A su vez, la obtención para cada frecuencia del área de absorción equivalente se lleva a cabo a través de la relación entre tales parámetros midiendo el tiempo de reverberación (T) en el local receptor:

$$A_{(fi)} = \frac{0,161 \times V}{T}$$

- Donde V es el volumen del local receptor.

Cuando se evalúa el aislamiento in situ empleando la definición del índice de reducción sonora (según las directrices de la Norma UNE EN ISO 140-4) el índice se denomina **índice de reducción sonora aparente (R')**:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \text{ (dB)}$$

- **Diferencia de Niveles Estandarizada D_{nT}**

Parámetro de aislamiento, también basado en la definición de aislamiento acústico bruto, en que el término corrector (encargado de independizar el aislamiento de la solución separadora de la influencia del sonido reflejado en el local receptor) depende del tiempo de reverberación T en el recinto receptor y de un tiempo de reverberación de referencia T_0 (normalizado a 0,5 segundos):

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ (dB)}$$

- **Índices ponderados**

Tal y como se desprende de las magnitudes reflejadas anteriormente, el aislamiento de una solución separadora o entre espacios es dependiente de la frecuencia del sonido incidente. Por ello, siempre se debiera de evaluar la capacidad que posee una solución constructiva de impedir la transmisión del sonido analizando su espectro frecuencial de aislamiento. Sin embargo, para evaluar y comparar los resultados obtenidos entre sí y con los requisitos normativos, es posible caracterizar el aislamiento acústico por medio de un único valor, empleando unos **índices ponderados globales** que representan el valor a 500 Hz de una curva de referencia que se desplaza verticalmente y se “ajusta” a

la gráfica de aislamiento obtenida experimentalmente en el ensayo según el método especificado en la norma UNE EN ISO 717-1.

Así tendremos los índices ponderados, **aislamientos acústicos globales a ruido aéreo según UNE EN ISO 717-1, identificados con el subíndice w**, de cualquiera de los índices ya comentados: D_w , R_w , R'_w , D_nT_w (todos ellos expresados en dB).

Aunque los índices ponderados reflejen mediante un único valor el aislamiento de un elemento constructivo (o entre locales, si el ensayo se realiza in situ), este resultado recoge información del aislamiento en función de la frecuencia al provenir de la adaptación de una curva de referencia al resultado espectral del ensayo.

Los índices ponderados anteriores se acompañan de términos correctores o de adaptación espectral, así el aislamiento global que genera un sistema constructivo cuando en el sonido incidente predominan las frecuencias medias se acompaña del (término C): **R_w (C)**.

Donde:

- R_w = índice global (dB). Índice que caracteriza las propiedades acústicas de cada material. Indica la diferencia de niveles sonoros existentes entre un lado y otro de un tabique, para un espectro de ruido establecido.
- C = Término de corrección empleado para aquellas fuentes sonoras caracterizadas por su escasez en bajas frecuencias (voz, radio...). Por ello, el dato del índice global corregido con este término ha de utilizarse cuando se pretende elegir un sistema constructivo para su empleo como elemento separador entre recintos interiores.

En el caso de que el ensayo de aislamiento se realizase in situ, el índice anterior se denominaría índice ponderado de reducción sonora aparente y se reflejaría como: **R'_w (C)**.

A modo de ejemplo, 47 (-1; -4) significaría que:

$R'_w = 47$ dB

$R'_w + C = 46$ dB (aislamiento propiciado por el elemento separador para ruidos característicos de la actividad humana).

$R'_w + C_{tr} = 43$ dB (aislamiento propiciado por el elemento separador para ruido inducido por el tráfico rodado urbano).

c) Valores globales de aislamiento expresados en decibelios A (dBA)

Los índices globales ponderados (expresados en decibelios, dB) analizados anteriormente establecen el valor de un aislamiento mediante un único valor. No obstante, los requisitos relativos a los aislamientos mínimos pueden venir mediante otros índices globales (único valor) expresados decibelios A (dBA).

Como es el caso del **valor global R_A** (expresado en decibelios A, dBA) del **Índice de Reducción Sonora (R)**. El citado índice global se calcula a partir de los valores del Índice de Reducción Sonora para cada frecuencia (obtenidos mediante un ensayo de aislamiento realizado en laboratorio empleando como foco sonoro un ruido incidente rosa).

Además tenemos el **valor global D_{nTA}** (en dBA) de la **Diferencia de Niveles Estandarizada D_{nT}** , calculado a partir de los valores la **Diferencia de Niveles Estandarizada** obtenidos para cada frecuencia ($D_{nT,i}$) mediante un ensayo de aislamiento realizado in situ empleando un ruido incidente rosa.

$$D_{nT,A} = -10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{rA,i} - D_{nT,i}}{10}} \text{ (dBA)}$$

- Donde $L_{rA,i}$ es el espectro normalizado del ruido rosa ponderado A.

La siguiente tabla resumen muestra diversos condicionantes de los índices analizados:

Incide	Aislamiento respecto a	Ensayo realizado en	Valor/es obtenido/s	Unidades	Reflejado en
R	Ruido aéreo	Laboratorio	Por frecuencias	dB	Catálogos
R'	Ruido aéreo	"in situ"	Por frecuencias	dB	
R_A	Ruido aéreo	Laboratorio	Global	dBA	Catálogos
R'_A	Ruido aéreo	"in situ"	Global	dBA	
R_w	Ruido aéreo	Laboratorio	Global	dB	Catálogos
R'_w	Ruido aéreo	"in situ"	Global	dB	
DnT	Ruido aéreo	"in situ"	Por frecuencias	dB	
DnT_A	Ruido aéreo	"in situ"	Global	dBA	Pedido por el CTE

Tabla 3.7-1 Resumen índices (Fuente: "Guía Acústica de la Construcción")

Existen otros parámetros acústicos de aislamiento entre espacios del buque, con especial atención al parámetro **Ia (dBA)**, definido en la normativa *Código sobre niveles de Ruido a Bordo de los Buques A.468 (XII)* actualmente derogada.

Por último, en relación con la cuantificación del nivel de ruido de impacto, el parámetro más empleado en normativas acústicas es el $L'_{nT,w}$ o valor del nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado, que se determinará mediante el procedimiento que indica la norma UNE EN 717-2, a partir de los resultados de medición realizados en bandas de tercio de octava ajustándolo a la curva de referencia de acuerdo a la norma UNE EN ISO 140-7.

Aislamiento acústico a ruido de impacto			
Medición		Valoración	
Magnitud	Norma	Magnitud	Norma
$L'_{nT}(f)$	UNE EN ISO 140-7	$L'_{nT,w}$	UNE EN ISO 717-2

Tabla 3.7-2 Aislamiento a ruido de impacto (Fuente: "Guía Acústica de la Construcción")

El objetivo de las medidas de actuación minimizadoras es cortar el camino de transmisión de vibraciones mediante la interposición de materiales elásticos. Para alcanzar un nivel de aislamiento a ruido de impacto hay que tener en cuenta:

- las características de la fuente de ruido.
- La estructura del elemento de separación de cubierta, considerando el tipo de revestimiento o acabado (las moquetas o revestimientos blandos favorecen el aislamiento).

Es importante diferenciar entre el aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico, ya que puede llevar a confusión. El concepto de aislamiento acústico se refiere a aislar un espacio de otro para minimizar el intercambio o transmisión de sonidos. El segundo concepto, en cambio, significa conseguir un determinado espacio unas buenas condiciones acústicas interiores, en especial para una mejor audición y reducción del ruido de fondo. El acondicionamiento acústico se realiza en ambientes donde es importante que el sonido se distribuya de una manera uniforme (como puede ser en teatros y salas de conferencia).

3.7.2 Organismo Marítimo Internacional (OMI)

La Organización Marítima Internacional dedica un capítulo al tema del aislamiento acústico, señalando la importancia y la necesidad de hacer compatibles el descanso y el recreo en espacios adyacentes, por ejemplo, escuchar música, comunicarse, manipular carga, etc. Introduce la OMI el concepto del índice de insonorización, que define de la siguiente forma:

“Las propiedades de aislamiento que contra el sonido aeropropagado deban reunir los mamparos y cubiertas dentro de los alojamientos se ajustarán por lo menos al siguiente índice ponderado de reducción acústica (R_w) de conformidad con la parte 1 de la norma ISO 717-1:1996, enmendada (1:2006)”.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Entre camarotes $R_w = 35$- Entre comedores, salas de recreo, espacios públicos o zonas de entretenimiento y camarotes o enfermerías $R_w = 45$- Entre pasillo y camarote $R_w = 30$- Entre camarotes con puerta de comunicación $R_w = 30$ |
|--|

“Las propiedades de aislamiento contra el sonido aeropropagado se determinarán mediante pruebas de laboratorio de conformidad con la norma ISO 10140-2:2010, que sean satisfactorias a juicio de la Administración”.

“Se tomarán las precauciones necesarias en la instalación de materiales y durante la construcción de los espacios de alojamiento. Durante las pruebas de mar, si se duda acerca de la instalación de materiales, se realizarán mediciones a bordo con respecto a una selección representativa de cada tipo de división, piso o puerta, que sean satisfactorias a juicio de la Administración”.

3.7.3 Comf-Noise de Boreau Veritas

“Las paredes, cubiertas y techos que delimitan espacios correspondientes a estancias de la tripulación o el tránsito hacia ellas, han de tener tales propiedades de aislamiento acústico para cumplir con el índice de aislamiento acústico mínimo de ruido aéreo (R_w)”.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Camarotes $R_w = 30$- Pasillos $R_w = 20$- Espacios técnicos $R_w = 45$- Sala de máquinas $R_w = 55$- Comedores, salas de recreo, espacios públicos o zonas de entretenimiento $R_w = 45$ |
|--|

El cumplimiento de estos criterios será publicado por medio de informes de justificación (hojas de datos de materiales o de cálculo).

3.7.4 Mil-Std 1472G Desig Criteria Standard Human Engineering

La publicación del Ministerio de Defensa Americano limita su información sobre el aislamiento acústico al empleo de materiales adecuados y en el diseño de las instalaciones. Así, en el apartado 5.5.6.4.1 dice:

“El diseño del espacio de trabajo o instalación deberá reducir al mínimo el nivel de ruido ambiental a la medida de lo posible a través de la reducción de ruido efectiva o atenuación para cumplir con los criterios de la presente.”

- a) Uso de materiales acústicos. Se proveerán materiales acústicos con altos coeficientes de absorción acústica según sea necesario en la construcción de suelos, paredes y techo para proporcionar el control de sonido requerido.*
- b) Reducción al mínimo de la transmisión del ruido. La transmisión de ruido excesivo en las camarotes y las estaciones de trabajo se atenúa por medios tales como materiales de alta densidad, materiales multicapa (por ejemplo, de hormigón, placas de yeso, y atenuantes del sonido (STC calificado) azulejos de techo (de alta densidad)), técnicas de construcción (por ejemplo, costuras irregulares en las paredes, calafateo acústico de las paredes de la estructura dura del suelo y el techo (cielo raso no suspendido), atenuadores de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de suministro y retorno conductos, puertas con calificación STC, y por lo menos ventanas doublepaned).*
- c) Suelo, pared, techo y tratamientos para mitigar la reverberación. Reverberación excesiva en las habitaciones y las estaciones de trabajo se puede controlar mediante la aplicación de materiales absorbentes de sonido en el piso, techo de tejas, y tratamientos de la pared.*
- d) Técnicas de construcción para mitigar el ruido. El ruido excesivo en los camarotes y las estaciones de trabajo se atenúa por medios tales como la construcción de muros escalonados y escalonamiento de las puertas en los pasillos o entre las habitaciones, y el uso de ventanas de gruesos acristalamientos o de doble acristalamiento.*

3.7.5 Solucion Adoptada

De las tres publicaciones que nos ofrecen información para este capítulo, comenzaremos descartando la norma Mil-Std del Ministerio de Defensa Americano, ya que en un principio solo aporta recomendaciones en cuanto a los materiales a utilizar (temática que se escapa del contenido del presente documento y que se recoge además en el anexo I).

Analizando las otras dos publicaciones, observamos que, los parámetros que ofrece la OMI son mucho más exigentes y restrictivos que los que establece el documento de Boreau Veritas.

Por lo que no se ve el inconveniente de que sean estos datos (completados en aquellos casos en los que este organismo no proporciona información con los que proporciona la sociedad de clasificación) los que se determinen como válidos a nuestro criterio, al menos en el caso de los buques de nueva construcción. En el caso de los buques ya construidos se recomienda emplear algunas de las recomendaciones del anexo I métodos para reducir la exposición al ruido.

Además, se exigirá como parámetro el R'_w , índice de reducción sonora aparente ponderado, obtenido mediante la norma UNE-EN-ISO 717-1, a partir de los valores de aislamiento frecuenciales del índice de reducción sonora aparente R' , derivado, a su vez, de ensayos acústicos in situ en el barco según la norma UNE-EN-ISO 140-4.

Nota: Aunque el parámetro R'_w lo aportan directamente los equipos de medida conviene recordar las normas de cálculo y ensayo.

Por tanto, las exigencias de aislamiento acústico serán:

- Entre camarotes $R'_w = 35$ dB
- Entre comedores, salas de recreo, espacios públicos o zonas de entretenimiento y camarotes o enfermerías $R'_w = 45$ dB
- Entre pasillo y camarote $R'_w = 30$ dB
- Entre camarotes con puerta de comunicación $R_w = 30$ dB
- Sala de máquinas $R'_w = 55$ dB
- Espacios técnicos $R'_w = 45$ dB

3.8 Introducción a las vibraciones a bordo de los buques

3.8.1 Planteamiento General

Es conocido que la vibración en buques es una medida importante de habitabilidad, seguridad y funcionalidad del buque. Una excesiva vibración debe ser evitada para el confort de la tripulación. Además de los efectos indeseados hacia las personas, una vibración excesiva desembocará en roturas por fatiga de miembros estructurales o funcionamientos incorrectos por parte de maquinaria y equipos de abordó.

Las vibraciones producen en el hombre efectos perjudiciales muy variados. Por ejemplo, las oscilaciones lentas de los barcos ocasionan descomposturas. El rango vibratorio de especial interés para el hombre es de 1 a 400 Hz. aunque debe mencionarse que la piel puede percibir vibraciones superior a de 1.500 Hz.

Se puede definir la vibración como el movimiento oscilante de un sistema mecánico elástico respecto a una posición referencia. Al intervalo de tiempo necesario para que el sistema efectúe un ciclo completo de movimiento se le llama periodo de la vibración. El número de ciclos por unidad de tiempo define la frecuencia del movimiento y el desplazamiento máximo del sistema desde su posición de equilibrio se llama amplitud de la vibración. Así pues la magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su desplazamiento, su velocidad o su aceleración. A efectos prácticos, la aceleración suele medirse con acelerómetros, siendo la unidad de aceleración el metro por segundo al cuadrado (m/s^2). La frecuencia de vibración, que se expresa en ciclos por segundo, esto es, en hertzios (Hz), afecta a la extensión con que se transmiten las vibraciones al cuerpo, tanto a las propias extremidades como al resto del organismo.

Como todo cuerpo, los barcos son estructuras elásticas capaces de vibrar cuando estos se someten a fuerzas periódicas. Dichas fuerzas periódicas tienen una frecuencia, si esta frecuencia coincide con la frecuencia natural de la estructura del barco, produce un fenómeno llamado resonancia estructural la cual conocemos como vibración. El nivel de vibración que se obtiene en el sistema (buque) depende, fundamentalmente, de tres parámetros:

- La intensidad o magnitud de las fuerzas excitadoras.
- La rigidez de la estructura.
- La amplificación dinámica a diferentes frecuencias.

Por lo tanto, las actuaciones posibles para mantener los niveles de vibración por debajo de unos límites prefijados son las siguientes:

- Minimizar las fuerzas excitadoras del sistema.
- Evitar estructuras flexibles desde el punto de vista dinámico.
- Evitar fenómenos de resonancia por coincidencia de una frecuencia propia de la estructura y una frecuencia excitadora.

Análogamente, y desde el punto de vista acústico el buque lleva incorporado focos sonoros: Motores Principales y auxiliares, hélice, sistemas hidráulicos, HVAC, etc., que son generadores tanto de ruido aéreo como ruido estructural (vibraciones transmitidas a sus bancadas); Ruidos que transmitidos o propagados a lo largo de la estructura del buque (medio) llegan a los diferentes locales (receptores).

Las vibraciones de las maquinas principales y auxiliares son producidas usualmente por tres situaciones, que son:

- Cuando la propulsión está constituida por motores diesel o máquinas de movimiento alternativo, la vibración depende del valor de las fuerzas de inercia no equilibradas; es decir, el mismo desbalanceo de las máquinas al igual que la posición de la misma. Si la alineación del motor es incorrecta, o esta sufre algún movimiento brusco, éste se desalinea y produce una vibración en el barco. Esto mismo sucede cuando la hélice, o bien el eje, están fuera de su posición y crean una vibración sobre el casco. Las mismas hélices con un golpe considerable al ser ensambladas al eje motor sufren un desbalanceo y esto ocasionaría una vibración.
- Cuando el aparato propulsor del barco sea una turbina, aunque la transmisión del par motor se realice regularmente, si el motor o motores no están balanceados dinámicamente, éstos producirán un par perturbador, el cual se transmitirá al casco.
- Si cualquier aparato auxiliar no está perfectamente equilibrado, éste será origen de vibraciones ya que sus polines no están adaptados para absorberlas y no se podrá evitar la transmisión de las mismas al casco.

De igual forma las actuaciones posibles para mantener los niveles de ruido por debajo de unos límites prefijados son las siguientes:

- Minimizar la potencia sonora y vibraciones de los diferentes focos.
- Reducir o atenuar su tránsito al medio.
- Aislar convenientemente los receptores.

Evidentemente, en ambos casos, Vibraciones y Ruidos, las actuaciones posibles serán aquellas técnicamente viables y que supongan menor incidencia económica.

3.8.2 Definiciones

Vibración: Una partícula experimenta una vibración mecánica cuando a intervalos iguales pasa por las mismas posiciones animada por la misma velocidad. Se define por su desplazamiento, velocidad, aceleración y frecuencia.

Desplazamiento (amplitud): Es la distancia entre la posición de la partícula que vibra y su posición de reposo. Generalmente nos referimos a la amplitud máxima. Unidad: m.

Velocidad: Es la velocidad que anima a la partícula. Equivale a la derivada del desplazamiento con respecto al tiempo. Unidad: m/s.

Aceleración: Es la variación de la velocidad por unidad de tiempo y equivale a la segunda derivada del desplazamiento con respecto al tiempo. Unidad: m/s².

Frecuencia propia del sistema: Es la frecuencia a la cual oscilaría el sistema si se lo desplaza de su estado de equilibrio. Es función de la masa y de la elasticidad de todos los sistemas que lo componen. Unidad: Hz.

Resonancia: Cuando un sistema es excitado por una fuerza armónica externa, cuya frecuencia es igual a la frecuencia natural del sistema, la amplitud de la vibración crece y se dice que el sistema está en la resonancia.

Amortiguamiento: Cualquier influencia que extrae energía a un sistema en vibración se conoce como amortiguamiento.

4 RESULTADOS: TEXTO DE NORMATIVA TIPO

El presente TFG pretendió abordar los aspectos clave para la redacción de una normativa tipo para la gestión acústica en Buques de la Armada, considerando los puntos de encuentro y divergencias que presentan los documentos existentes en la temática (a modo de etapa de inicio de líneas futuras), como aportación de la Defensa a la temática evaluada.

En este sentido, se consultó:

- *Directiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.*
- *Resolución de la OMI, MCS 337(91) "Código sobre niveles de ruido a bordo de buques".*
- *Regla II-1/3-12 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) 1974.*
- *STANAG 4293 "Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship" (1990).*
- *Estandares de Habitabilidad para Buques de la Armada (2010).*
- *ANEP-24 "Guidelines for Shipboard Habitability Requeriments for Combatant Surface Ship".*
- *ANEP-26 "Ergonomic data for Shipboard Space Desig in NATO Surface Ship".*
- *Clasificación COMF-NOISE de ls Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.*
- *MIL-STD 1472G "Desig Criteria Standard Human Engineering" (2012).*
- *El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.*
- *El Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.*

A partir de la evaluación de los documentos anteriores, se refleja a continuación, la normativa tipo propuesta para la gestión acústica que en Buques de la Armada. De este modo, se aporta un texto mediante el cual se pretende crear un entorno aceptable para el personal de las FF.AA a bordo de nuestros buques.

4.1 Capítulo 1: Ámbito de aplicación

Todos las unidades de nuestra flota, buques de superficie y submarinos, construidos o de nueva construcción, en función del Real Decreto 286/2006 que entró en vigor tras un período transitorio de cinco años, el 15 de Febrero de 2011, de aplicación a todo tipo de buques, independientemente del tipo tamaño y año de construcción.

Se reconoce sin embargo, la dificultad de su aplicación a los buques de la Armada ya construidos, por lo que en el supuesto de no ser posible su desarrollo en éstos, se recomienda el empleo de los métodos para reducir la exposición al ruido redactados por la OMI y que se incluyen como anexo I.

4.2 Capítulo 2: Equipos de medición

El parámetro acústico a medir es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (**LAeq,T**), por lo que se exigirá un sonómetro integrador-promediador de precisión de clase 1.

La utilización de dispositivos de filtro octava o la recomendación respecto al empleo de pantallas antiviento para los micrófonos desarrolladas por la OMI, se adopta como necesaria.

Respecto de los calibradores, deberán satisfacer la norma IEC 60942 (2003-01) y estarán aprobados por el fabricante del sonómetro de que se trate.

Instrumentos de medida

Los instrumentos de medida y calibradores utilizados para la evaluación del ruido deberán cumplir las disposiciones establecidas en la Orden de 25 de septiembre de 2007, por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos. En concreto, los sonómetros y calibradores sonoros se someterán anualmente a verificación periódica conforme a la citada Orden, debiendo la entidad que realice dicha verificación emitir un certificado de acreditación de la misma, de acuerdo también con la Orden mencionada. El plazo de validez de dicha verificación será de un año.

En los trabajos de evaluación del ruido por medición, se deberán utilizar instrumentos de medida y calibradores cuya precisión sea la exigida para los de tipo 1/clase, por la Orden del Ministerio de Fomento, de 25 de septiembre de 2007, a la que se refiere el apartado anterior.

Dado que la evaluación de las curvas NCR precisa el uso de filtros de banda de 1/3 de octava, se emplearán equipos de precisión del tipo 1, debiendo cumplir lo exigido para el grado de precisión tipo 1/clase 1 en las normas UNE-EN 61260:1997 “Filtros de banda de octava y de bandas de una fracción de octava” y UNE-EN 61260/A1:2002 “Filtros de banda de octava y de bandas de fracción de octava”.

Verificación

Será preceptivo que al inicio y al final del proceso de medición acústica se realice una verificación acústica de la cadena de medición mediante calibrador de nivel o pistófono, que garantice un margen de desviación no superior a 0,3 dB con respecto al valor de referencia inicial.

Esta circunstancia quedará recogida en el informe o certificado de mediciones, donde, además, se indicarán claramente los datos correspondientes al tipo de instrumento, clase, marca, modelo, número de serie y fecha y certificado de la última verificación periódica efectuada.

4.3 Capítulo 3: Factores condicionantes para la realización de las medidas sonoras

Se observaran las **recomendaciones del capítulo 3 del documento de la OMI Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques (Resolución MSC.337 (91) adoptada el 30 de noviembre de 2012)**, incorporando los siguientes aspectos diferenciadores:

- Las medidas con los filtros de banda de octava centrados en las frecuencias de 31,5 Hz a 8.000 Hz se llevarán a cabo en los siguientes casos:
 - Cuando el criterio dBA no se cumple y por lo tanto la NCR tiene que aplicarse.
 - Para una posición de medida en cualquier compartimento.
 - Para todos los espacios de trabajo en los cuales la comunicación hablada es importante.
- El viento no ha de superar la escala Beaufort 3 (7-10 nudos) y el estado de la mar que no será mayor de fuerza 3 (0.5 a 1.25 m).
- Las medidas se realizarán al menos en el 30% de los camarotes y todos los alojamientos adyacentes a los motores o espacios de máquinas, además de, en todos los espacios con dotación permanente en condiciones normales de funcionamiento.
- Para espacios de más de 50 metros cuadrados se realizarán dos medidas convenientemente espaciadas.

Además, **se considerarán de modo complementario** los siguientes aspectos relativos al Real Decreto 1367/2007; el cual establece, como precaución en la realización de las medidas para la evaluación de los niveles sonoros, las siguientes condiciones ambientales:

- Las condiciones de humedad y temperatura deberán ser compatibles con las especificaciones del fabricante del equipamiento de medida.
- Las mediciones en el medio ambiente exterior se realizarán usando equipos de medida con pantalla antiviento.
- Cuando en el punto de evaluación la velocidad del viento sea superior a 5 metros por segundo se desistirá de la medición.

4.4 Capítulo 4: Niveles acústicos máximos de referencia

Se establece para las áreas de extrema tranquilidad (quirófanos) no sobrepasar un nivel máximo de 45 dBA (LAeq_{30s}) de nivel ambiente interior procedente de otros recintos, dejando la aplicación de este requisito a criterio de la Armada.

A continuación se especifican los límites del nivel de ruido (LAeq_{30s} dBA) para diversos espacios:

CATEGORIAS	Límite (dBA)	NCR
Espacios permanentemente ocupados		
CIC	60	55
Local derrota	60	55
Puente	60	55
Local sonar	60	55
Cuarto radar	60	55
Cámara mando y control submarinos	60	55
Espacios no permanentemente ocupados		
Cámara control de daños	70	65
Salas reuniones y alerta	70	65
Cámaras de maniobra	70	65
Cámaras de control	70	65
Compartimento misiles	70	65
Centro control misiles	70	65
Local radio	60	55
Compartimentos y centrales de artillería	70	65
Planta propulsora y zonas de trabajo adjuntas	70	65
Espacios de alojamiento (Prioridad confort)		
Peluquería	75	70
Lavandería	75	70
Talleres	80	75
Compactadora basura	75	70
Cocina	75	70
Zonas estudio, recreativas y esparcimiento	65	60
Comedores	65	60
Capilla	65	60
Especial tranquilidad		
Chaza, camarotes y sollados	60	55
Compartimentos y espacios de sanidad	60	55
Altos niveles de ruido Comms no importantes		
Sala de máquinas con dotación permanente	90	85
Sala de máquinas sin dotación permanente	110	105
Diesel generadores	110	105
Salas de máquinas auxiliares	110	105
Cámara de la reductora	110	105
Servo	110	105
Compartimentos de maquinaria auxiliar	110	105
Compartimentos de enfriadores y eyectores	110	105
Cámara de propulsión	110	105
Zonas maniobras de la planta propulsora	110	105
Altos niveles de ruido Comms alto esfuerzo		
Alerones puente	75	70
Puente exterior	75	70
Sala torpedos	75	70
Zonas de aire adyacente	75	70
Zonas de cubierta permanente	75	70

Figura 4.4-1 Límites propuestos

Estos valores vienen expresados mediante el parámetro nivel continuo equivalente L_{Aeq} (dBA) y para la justificación de su cumplimiento mediante medición en el barco, se tomará un tiempo de medida de 30 segundos (L_{Aeq30s} dBA).

El número de muestras vendrá determinado en función del volumen del local receptor, de modo que, en la mayoría de los casos, será suficiente un punto de medida en el centro de la estancia.

4.5 Capítulo 5: Límites de exposición al ruido

Se adopta el valor de 80 dBA como la máxima exposición diaria (24 horas) sin protección; 84,9 dBA como el límite de exposición sin protección durante un periodo máximo de ocho horas y el de 75 dBA durante al menos un tercio de cada periodo de 24 horas.

Se observaran las recomendaciones del capítulo 5 del documento de la OMI *Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques (Resolución MSC.337 (91) adoptada el 30 de noviembre de 2012)*.

4.6 Capítulo 6: Aislamiento Acústico

Para buques de nueva construcción, las paredes, cubiertas y techos que delimitan espacios correspondientes a estancias de la tripulación o el tránsito hacia ellas, han de tener propiedades de aislamiento acústico a ruido aéreo tal que mediante ensayos *in situ* (Norma UNE EN ISO 140) permitan el cumplimiento de los siguientes valores de aislamiento acústico a ruido aéreo (R'_w) entre recintos:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Entre camarotes $R'_w = 35$ dB- Entre comedores, salas de recreo, espacios públicos o zonas de entretenimiento y camarotes o enfermerías $R'_w = 45$ dB- Entre pasillo y camarote $R'_w = 30$ dB- Entre camarotes con puerta de comunicación $R_w = 30$ dB- Sala de máquinas $R'_w = 55$ dB- Espacios técnicos $R'_w = 45$ dB |
|--|

En el caso de los buques ya construidos se recomienda emplear, al menos, los métodos e indicaciones relegados en el Anexo I para reducir la exposición al ruido entre recintos.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Como se ha podido observar, los buques de la Armada, junto con los buques de pesca, quedan exentos del cumplimiento de la mayoría de las normativas acústicas, pero no por ello sus dotaciones dejan de padecer los mismos efectos que el resto de hombres de mar.

La finalidad del presente TFG, además de la propuesta de redacción de una normativa acústica tipo, era la de ampliar conocimientos y profundizar en un tema poco documentado dentro de nuestras normativas.

Analizados los documentos que se consideraron más apropiados de manera pormenorizada, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Se constata la disparidad y la falta de unificación respecto de parámetros y valores acústicos aplicables a buques, y más aún refiriéndonos a buques de la Armada Española.
- La normativa más amplia y desarrollada es la correspondiente a la OMI.
- La Stanag 4293 no aporta prácticamente nada nuevo con respecto al documento de la OMI, salvo completar los procedimientos de medición respecto del análisis espectral.
- La publicación Estándares de habitabilidad para buques de nueva construcción del EMA, resulta una buena guía para la delimitación de los espacios y su operatividad, aunque los límites que establece en alguno de los casos no son aplicables.
- La clase Comf-Noise refleja, en general, los límites más exigentes y en el apartado de procedimientos de medición, aplicamos algunas de sus recomendaciones en cuanto a condiciones ambientales y también, en el apartado de puntos de medición donde implementa la normativa de la OMI respecto de los compartimentos susceptibles de medición.
- La Mil-Std 1472G sólo aporta como novedad la reducción de 85 a 84 dB para garantizar la legalidad de no usar auriculares de protección en todo momento.
- El Real Decreto 286/2006 lo hemos empleado casi exclusivamente para el ámbito de aplicación y límites de exposición, donde resultó ser menos exigente que la normativa de la OMI.

5.2 Líneas futuras

Se decidió dedicar un último capítulo del presente TFG a abordar una breve introducción sobre las vibraciones a bordo de los buques, ya que se considera que el estudio y desarrollo de este campo supondría por sí sólo nuevo trabajo.

Además, otra posible línea futura sería la realización de medidas in situ a bordo de los buques para la cuantificación de los niveles existentes y su comparativa con los límites aquí aplicados, de cara a evaluar la componente realista de los mismos y, por tanto, su facilidad de cumplimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Directiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
2. Resolución de la OMI, MCS 337(91) "Código sobre niveles de ruido a bordo de buques".
3. Regla II-1/3-12 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) 1974.
4. STANAG 4293 "Guidelines for the Acustical Enviroment in NATO Surface Ship" (1990).
5. Estandares de Habitabilidad para Buques de la Armada (2010).
6. ANEP-24 "Guidelines for Shipboard Habitability Requeriments for Combatant Surface Ship".
7. ANEP-26 "Ergonomic data for Shipboard Space Desig in NATO Surface Ship".
8. Clasificación COMF-NOISE de ls Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.
9. MIL-STD 1472G "Desig Criteria Standard Human Engineering" (2012).
10. El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
11. El Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
12. Gestión de la contaminación acústica: análisis de la legislación estatal y propuestas de aplicación para la administración local.
13. Boletín técnico de ingeniería de la Armada. D. Francisco Javier Rodríguez Rodríguez.
14. Artículo opinión: "ruido de buques consecuencias de la entrada en vigor del Real Decreto 286/2006 y su aplicación al transporte marítimo", Publio Beltrán.
15. Web: artículo "Vibraciones en estructuras navales".
16. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo: "Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos". Doctor Antonio de la Iglesia Huerta.
17. Seguridad e Higiene en el trabajo: "Vibraciones" Ing. Lab. Mario Jaureguiberry.

18. Ley 62/1978, de Protección Jurisdiccional de los Derechos Fundamentales de la Persona.
19. Ley Orgánica 1/1982, de 5 de mayo, de protección civil del derecho al honor, a la intimidad personal y familiar, y a la propia imagen.
20. Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico, derogada por la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
21. Norma básica de edificación NBE-CA-88 sobre las condiciones acústicas de los edificios, derogada por el siguiente.
22. RD 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
23. Ley 7/1985, Reguladora de las Bases del Régimen Local

ANEXO I: MÉTODOS QUE SE SUGIEREN PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Generalidades

A fin de lograr una reducción del ruido a bordo de los buques que haga posible observar los límites recomendados, se prestará especial atención a los medios que se utilicen en ese sentido. El presente Anexo tiene por objeto servir de guía a este respecto en la fase de proyecto del buque.

1. Las medidas de reducción del ruido previstas en el proyecto y aplicadas en la construcción quedarán bajo la supervisión de expertos en las técnicas de esa reducción.
2. Se subraya que no será necesario aplicar en todos los buques la totalidad de las medidas recomendadas en el presente anexo ni ninguna concreta de ellas. El presente documento no da la información técnica detallada que se precisa para llevar a la práctica las medidas de control del ruido en la fase de construcción, ni para decidir cuáles son las apropiadas en determinadas circunstancias.
3. Al aplicar las medidas de reducción del ruido se evitará cuidadosamente la infracción de lo dispuesto en las reglamentaciones relativas a la estructura, los alojamientos y otros aspectos de seguridad del buque y que el empleo de materiales insonorizantes presente riesgos de incendios o para la salud.
4. La necesidad de reducir el ruido se considerará en la fase de proyecto al decidir a qué proyectos, de entre los varios posibles, deberán ajustarse los motores y máquinas que vayan a instalarse, el método de instalación y el emplazamiento de las máquinas en relación con otros espacios, así como el aislamiento acústico y la ubicación de los alojamientos.
5. Es sumamente probable que, a causa del método normal de construcción naval, el ruido procedente de máquinas y hélices que llegue a los alojamientos y a otros espacios situados en el exterior de los espacios de máquinas sea del tipo propagado por la estructura.
6. Al proyectar medidas eficaces y económicas de reducción del ruido procedente de las instalaciones de máquinas en los buques existentes podrá ser necesario complementar la medición del ruido producido, expresada como nivel con ponderación A, con alguna forma de análisis de la frecuencia.

Aislamiento de las fuentes de ruido

1. Cuando sea posible, todo motor o máquina que produzca ruidos de nivel superior a los límites fijados se instalarán en compartimientos que no exijan una supervisión.
2. Los alojamientos irán situados, tanto en el plano horizontal como en el vertical, lo más lejos posible de fuentes de ruido tales como hélices y máquinas propulsoras.
3. Los guardacalores de máquinas quedarán dispuestos, en los casos posibles, fuera de superestructuras y casetas en las que haya espacios de alojamiento. Cuando no quepa hacer esto, se dispondrán pasillos entre los guardacalores y los espacios de alojamiento, si esto es posible.
4. Se examinará la posibilidad de disponer los espacios de alojamiento en casetas no situadas en superestructuras que se extiendan hacia el costado del buque.
5. Cuando proceda podrá examinarse también la posibilidad de separar de los espacios de alojamiento los de máquinas por medio de espacios no ocupados, locales sanitarios y cuartos de aseo.
6. Para evitar la propagación del sonido podrán necesitarse tabiques, mamparos, cubiertas, etc., de características adecuadas. Es importante que su construcción y su emplazamiento sean los convenientes en relación con la fuente y la frecuencia del sonido que vaya a atenuarse.
7. Cuando un espacio como puede ser el de máquinas quede dividido en compartimientos ruidosos (sin dotación permanente) y menos ruidosos (susceptibles de tener dotación permanente), es preferible que haya una separación completa.
8. Puede ser aconsejable utilizar material insonorizante en determinados espacios a fin de evitar un aumento del nivel de ruido a causa del efecto reflectante de tabiques, mamparos, cubiertas, etc.

Silenciadores de escape y de admisión

1. Los sistemas de escape de los motores de combustión interna y los sistemas de admisión de aire de los espacios de máquinas, espacios de alojamiento y otros espacios se dispondrán de forma que los orificios de admisión y de salida queden alejados de los lugares frecuentados por la gente de mar.
2. Cuando sea necesario se instalarán silenciadores o atenuadores.
3. A fin de reducir al mínimo los niveles de ruido en los alojamientos, habitualmente es necesario aislar los sistemas de escape y determinadas tuberías y conductos de los guardacalores, mamparos, etc.

Envuelta de máquinas

1. En los espacios con dotación permanente o en aquellos en que quepa razonablemente esperar que la gente de mar pase períodos prolongados realizando trabajos de mantenimiento o revisión, y cuando no sea posible utilizar el tipo de separación que se detalla, quizá haya que estudiar la posible instalación de envueltas insonorizantes o de envueltas parciales en los motores o máquinas que produzcan niveles de presión acústica superiores a los límites fijados.
2. Cuando el nivel de ruido producido por motores o máquinas instalados en espacios como los descritos en el presente documento quede comprendido en los criterios señalados en 5.3.1 del Código de la OMI y en la zona A de la gráfica de dicho código, será esencial adoptar medidas para reducir el ruido.
3. Cuando se instalen envueltas insonorizantes es importante que encierren por completo la fuente de ruido.

Reducción del ruido en la sección de popa

1. Para reducir el efecto del ruido en la sección de popa, especialmente por lo que respecta a los espacios de alojamiento, podrán examinarse los problemas relacionados con la producción de ruido en la fase de proyecto relativa a la sección de popa, la hélice, etc.

Recinto para el operador

1. En la mayoría de los espacios de máquinas será conveniente y aconsejable proteger a la gente de mar encargada de las operaciones o de las guardias disponiendo al efecto una cámara de mando u otro espacio parecido insonorizados.
2. En los espacios de máquinas con dotación permanente de los buques pequeños y de los buques existentes en los cuales el nivel de ruido exceda de 85 dB(A), convendrá disponer un recinto contra el ruido en el puesto de control o en la plataforma de maniobras en los que quepa esperar que la persona encargada de la guardia pasará la mayor parte del tiempo.

Medidas de reducción del ruido en los espacios de alojamiento

1. A fin de reducir los niveles de ruido en los espacios de alojamiento cabe que haya que considerar la posibilidad de aislar del resto de la estructura del buque las casetas en que se hallen dichos espacios, por medio de montajes elásticos.
2. Podrá examinarse también la posible provisión de conexiones flexibles para mamparos, forros y techos, y la instalación de pisos flotantes dentro de los espacios de alojamiento.
3. La provisión de cortinas en los portillos y ventanas y el empleo de alfombras en los espacios de alojamiento contribuye a absorber el ruido.

Selección de máquinas

1. En la fase de proyecto se tendrá en cuenta el ruido producido por cada elemento de las máquinas que haya que instalar. La utilización de máquinas que produzcan menos ruido susceptible de ser propagado por el aire, los fluidos o la estructura, puede hacer posible la reducción del mismo.

2. Se pedirá a los fabricantes que faciliten información sobre el ruido producido por sus máquinas y que indique los métodos recomendados de instalación que contribuyen a mantener los niveles de ruido reducidos al mínimo.

Inspección y mantenimiento

1. Todos los elementos de las máquinas, el equipo y los correspondientes espacios de trabajo serán objeto de inspecciones periódicas a fines de determinación del ruido, realizadas por personal competente. Los defectos que la inspección pueda revelar en los medios empleados para reducir el ruido y los que, aparte de éstos, identifique como fuentes de ruidos excesivos, se subsanarán lo antes posible.

Aislamiento contra las vibraciones

1. En los casos necesarios, las máquinas descansarán en montajes elásticos proyectados e instalados de modo apropiado.
2. Cuando el ruido propagado por la estructura y procedente de máquinas auxiliares, compresores, equipos hidráulicos, grupos electrógenos, orificios de ventilación, tuberías de escape y silenciadores alcance niveles inaceptables en los espacios de alojamiento o en el puente de navegación, se instalarán montajes elásticos.
3. Cuando se instalen envueltas insonorizantes, convendrá que la máquina descansa en montajes elásticos y que todas las tuberías, troncos y conexiones de cables de la misma sean flexibles.

ANEXO II: INFORME SOBRE EL ESTUDIO DE RUIDOS A BORDO

Se deberá hacer un informe sobre el estudio de ruidos a bordo respecto de cada buque, en el que figurará información acerca de los niveles de ruido en los diversos espacios y las lecturas correspondientes a cada punto de medición especificado. Se marcarán estos puntos en un plano de la disposición general o en planos de los alojamientos que se adjuntarán al informe, o se identificarán de cualquier otro modo.

Se consignarán en dicho informe los pormenores siguientes:

- Número del casco, y nombre, arqueo bruto, dimensiones principales y tipo del buque.
- Características principales de las máquinas del buque.
- Nombres del constructor y del propietario del buque.
- Fecha y hora en que se efectuaron las mediciones.
- Tipo de viaje, condiciones meteorológicas, estado de la mar y situación del buque durante la realización de las mediciones.
- Profundidad del agua bajo la quilla durante la realización de mediciones.
- Principales condiciones operacionales prescritas en 2.2 y 2.3, incluidas las relativas a los elementos de las máquinas principales que se hallaban funcionando y las condiciones de funcionamiento.
- Nombre y dirección de las personas encargadas de efectuar las mediciones.
- Marca, tipo y número de serie de los instrumentos utilizados.
- Pormenores y fecha de la calibración de los instrumentos.
- Lista de las principales medidas contra el ruido aplicadas a bordo del buque.
- Otros pormenores de interés, incluidas excepciones a las normas sentadas en el presente Código.
- En los casos en que el buque no cumpla con el Capítulo 4 y cuando se exija la utilización de protectores de oídos, deberá haber a bordo un ejemplar del informe sobre el estudio de ruidos.

APÉNDICE 1

FORMATO PARA EL INFORME SOBRE EL ESTUDIO DE RUIDOS

Pormenores del buque:

- Nombre del buque
- Puerto de matrícula
- Nombre y dirección del propietario, armador-gerente o agente
- Nombre y dirección del constructor
- Lugar de construcción
- Número del constructor
- Arqueo bruto
- Tipo de buque
- Dimensiones del buque
- Eslora
- Manga
- Puntal
- Calado máximo (línea de carga de verano)
- Desplazamiento a su calado máximo
- Fecha de colocación de la quilla
- Fecha de entrega

Pormenores relativos a las máquinas:

Máquinas propulsoras

- Fabricante: Tipo: Número de máquinas:
- Potencia de régimen continua máxima: kW
- Velocidad de servicio normal del eje, prevista en el proyecto: rpm
- Potencia de régimen en servicio normal: kW

Motores diesel auxiliares

- Fabricante: Tipo:
- Rendimiento: kW Número de motores:
- Engranaje reductor principal:
- Tipo de hélice (hélice fija, de paso controlable, Voith-Schneider)
- Número de hélices: Número de paletas:
- Velocidad del eje de hélice, prevista en el proyecto: rpm

Instrumentos de medición:

Instrumentos Fabricante Tipo Número de serie

- Sonómetro
- Micrófono
- Filtro
- Pantalla antiviento
- Calibrador
- Otro equipo

Calibración del sonómetro Fecha Calibración Comienzo Fin

- en la comprobación
- realizada por la autoridad
- competente

Condiciones en que se efectuó la medición

- Fecha de la medición: Hora en que comenzó: Hora en que acabó:
- Situación del buque durante la medición
- Tipo de viaje
- Condiciones durante la medición
- Calado a proa
- Calado a popa
- Profundidad del agua bajo la quilla
- Condiciones meteorológicas-fuerza del viento
- Estado de la mar
- Velocidad del buque
- Velocidad efectiva del eje de la hélice: rpm
- Paso de la hélice
- Velocidad de las máquinas propulsoras: rpm
- Potencia de las máquinas propulsoras: kW
- Número de máquinas propulsoras en funcionamiento
- Número de motores diesel auxiliares en funcionamiento

- Número de turbogeneradores en funcionamiento
- Otro equipo auxiliar en funcionamiento:

Datos relativos a las mediciones

- Límites de ruido
- Niveles de presión dB(A) acústica medidos en espacios de máquinas: dB(A)
- Cámaras de mando
- Talleres
- Máquinas propulsoras
- Turbocompresor
- Parte superior de las
- Máquinas propulsoras
- Motores diesel auxiliares/ Turbogeneradores
- Engranaje reductor

Espacios de trabajo no especificados

- Límites de ruido Niveles de presión dB(A) acústica medidos en dB(A)

Alojamientos y otros espacios

- Comedores
- Salas de recreo
- Oficinas
- Cocinas
- Oficios
- Camarotes

Espacios de dedicados a la navegación

- Puente
- Cuarto de derrota
- Cuarto de radar
- Cuarto de radio
- Alerones del puente de navegación

Zonas de recreo al aire libre

Principales medidas contra el ruido (enumérense las medidas adoptadas)

Observaciones (enumérense cualesquiera excepciones)

Nombre

.....

Dirección

Lugar Fecha Firma

DOCUMENTO ADJUNTO

PAGINAS SOBRE ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

ANEXO III: PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA DETERMINAR LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Generalidades

Con miras a garantizar que la gente de mar no esté expuesta a un L_{eq} (24) que exceda de 80 dB(A), en el presente apéndice se facilita información sobre un proceso simplificado para determinar la exposición al ruido.

La determinación de la exposición al ruido debería llevarse a cabo normalmente basándose en la norma ISO 9612:2009.

A continuación se describe un método simplificado basado en las mediciones de ruidos obtenidas durante la navegación/estancia en puerto y un perfil del puesto correspondiente a los miembros de la tripulación.

Análisis Del Trabajo/Perfil Del Puesto Y Horas Libres

Con la ayuda de una lista de la tripulación se definirán diferentes categorías laborales (grupos).

Ejemplo:

- Capitán
- Jefe de máquinas
- Electricista
- Cocinero
- etc.

Para cada categoría laboral se ha de definir un perfil del puesto por separado. El perfil del puesto corresponde a espacios de trabajo a bordo del buque.

Ejemplo:

- Caseta de gobierno
- Oficina del buque
- Cámara de control de máquinas
- Taller
- Sala de máquinas
- Cocina
- etc.

En el caso de cada categoría laboral, los turnos de trabajo se dividirán en partes (i) relacionadas con los espacios de trabajo. Debería llevarse a cabo una evaluación similar para las horas libres. (Estas divisiones se basan en estimaciones facilitadas por el propietario/armador/empleador.)

Ejemplo: Un día completo de un electricista puede dividirse en las siguientes partes:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- $i = 1$ Taller = $T_i = 5$ horas- $i = 2$ Cámara de control de máquinas = $T_i = 2$ horas- $i = 3$ Oficina del buque = $T_i = 2$ horas- $i = 4$ Cámara de máquinas = $T_i = 1$ hora- $i = 5$ Horas libres = $T_i = 14$ horas Total = $T_{total} = 24$ horas |
|--|

Determinación De Los Niveles De Exposición Al Ruido Calculados

Utilizando el informe sobre el ruido y las horas de trabajo y de tiempo libre calculadas para cada categoría laboral, se puede calcular el nivel de exposición al ruido. Se supone que no se superarán los límites de ruido de los camarotes y los espacios de recreo estipulados. Se recomienda el uso de protectores para los oídos debidamente seleccionados. Se entiende que el nivel máximo de ruido al que estarán expuestos los trabajadores que lleven protectores no excederá de 85 dB(A).

La contribución al ruido de cada uno de los espacios se calcula de la siguiente manera:

$$L_{ex(24)i} = LA_{eq,i} + 10\log \frac{T_i}{T_0}$$

- donde: T_i es la duración efectiva a bordo para cada espacio
- T_0 es la duración de referencia de 24 h
- $LA_{eq,i}$ es el nivel acústico continuo equivalente con ponderación A.

El nivel acústico continuo equivalente con ponderación A se calcula a partir de la contribución al ruido de cada uno de los espacios mediante la siguiente fórmula:

$$L_{ex(24)} = 10\log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{ex(24i)}}{10}}$$

ANEXO IV: RESOLUCIÓN IMO A.343 (XII)
“RECOMENDACIONES SOBRE MÉTODOS PARA MEDIR
NIVELES DE RUIDO EN LOS PUESTOS DE ESCUCHA DE LOS
BUQUES”

RESOLUCION A.343(IX)

Aprobada 12 noviembre, 1975
Punto 7 c) del orden del día

RECOMENDACION SOBRE METODOS PARA MEDIR NIVELES DE RUIDO EN LOS PUESTOS DE ESCUCHA DE LOS BUQUES

LA ASAMBLEA,

CONSIDERANDO el Artículo 16 i) de la Convención constitutiva de la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, el cual trata de las funciones de la Asamblea,

CONSIDERANDO la necesidad de limitar los niveles de ruido en los puestos de escucha de los buques para garantizar en medida adecuada la probabilidad de que se oiga un pito al alcance de audibilidad indicado en la tabla del párrafo 1 c) del Anexo III del Reglamento internacional para prevenir los abordajes, 1972,

CONSIDERANDO la Recomendación sobre métodos para medir niveles de ruido en los puestos de escucha de los buques, aprobada por el Comité de Seguridad Marítima en su trigésimo segundo periodo de sesiones,

RECOMIENDA que el método para medir niveles de ruido en los puestos de escucha sea el siguiente:

- a) se utilizará un fonómetro de precisión y un filtro de bandas de octava, respectivamente ajustados a lo dispuesto en las publicaciones de la CEI números 179 y 225. El micrófono irá provisto de pantalla antiviento de conocidas características de transmisión y cable de prolongación. Al comienzo y al final de cada serie de mediciones se comprobará la calibración del fonómetro con una fuente sonora estándar (v.g., un fonopistón) siguiendo las instrucciones del fabricante;
- b) se tomarán todas las lecturas con la característica dinámica "lenta". Al promedio de los valores máximos observados durante un periodo de diez segundos, con el buque navegando a $\frac{3}{4}$ de su velocidad, se le considerará nivel de ruido predominante. En los alerones del puente las mediciones se efectuarán en la banda de sotavento;
- c) si es posible se ubicará el micrófono de modo que durante las mediciones diste 1,5 m. por lo menos de cualquier superficie que pueda ocasionar efectos considerables de reflexión u obstrucción;
- d) se determinará un valor medio en la zona correspondiente al puesto habitual de escucha partiendo de las mediciones efectuadas en tres emplazamientos distintos, por lo menos, del micrófono cuya separación intermedia mínima sea de 0,5 m., y aproximadamente a la altura media del oído de los escuchas normales;
- e) en la medida de lo posible las mediciones se efectuarán dada una velocidad de viento de entre 5 y 10 nudos navegando el buque:
 - i) con viento de proa;
 - ii) con viento de popa; y
 - iii) con viento aparente sucesivamente a una y otra banda y con el puesto de escucha en la correspondiente banda de sotavento;
- f) quepa o no lograr las condiciones aquí recomendadas, se registrarán la velocidad y la dirección dominantes del viento y el rumbo del buque;

- g) se tomará nota también del estado de la mar y la condición de carga del buque,

RECOMIENDA ASIMISMO que dentro de sus posibilidades las Administraciones establezcan programas de mediciones conforme a lo dispuesto en los párrafos anteriores, a fin de recoger datos sobre los niveles de ruido que actualmente se dan en los puestos de escucha de los buques existentes y de los buques nuevos que entren en servicio. Se invita a las Administraciones a remitir los resultados de dichas mediciones a la Organización para que los estudie(n) el (los) Subcomité(s) competente(s),

APRUEBA las directrices provisionales sobre máximos niveles de ruido admisibles en los puestos de escucha, el texto de las cuales figura en el Apéndice de la presente Recomendación.

APENDICE

DIRECTRICES PROVISIONALES SOBRE MAXIMOS NIVELES DE RUIDO ADMISIBLES EN LOS PUESTOS DE ESCUCHA

1. Es conveniente que los niveles de ruido de fondo no excedan por término medio, en los puestos de escucha, del nivel de ruido que definen las siguientes bandas de octava:
 - a) 68 dB en la banda de la octava centrada en 250 Hz;
 - b) 63 dB en la banda de la octava centrada en 500 Hz.
2. Se debe alentar a los proyectistas y a los constructores de buques a que satisfagan esta norma en los buques nuevos. Si es posible se efectuarán las mediciones de acuerdo con el método aquí recomendado, con objeto de comprobar los resultados.
3. Por lo que atañe a los buques existentes, se reconoce que los problemas inherentes a la construcción del buque pueden hacer difícil, si no imposible, satisfacer esa norma. Estos buques se ajustarán a ella, por tanto, en la medida de lo posible.
4. Partiendo de la información que reciba de las Administraciones acerca de los niveles de ruido medidos en los buques existentes, la OCMI seguirá estudiando la posibilidad de formular una Recomendación sobre máximos niveles de ruido admisibles en los puestos de escucha.

ANEXO V: EJEMPLO DE INFORME DE MEDIDAS IN SITU EN UN BUQUE

Ejemplo de modelo de informe: Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre cabinas y de cabinas con pasillo del BUQUE ESPERANZA.



Marzo 2015

1.	ANTECEDENTES Y OBJETO.....	- 2 -
2.	DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN ACÚSTICA.....	- 2 -
2.1.	ENSAYOS REALIZADOS.	- 2 -
2.1.1.	<i>Aislamiento acústico a ruido aéreo entre camarotes</i>	<i>- 2 -</i>
☐	<i>Camarote 3-06 / Caramarote 3-04.....</i>	<i>- 2 -</i>
☐	<i>Camarote 3-06 / Caramarote 3-08.....</i>	<i>- 2 -</i>
2.1.2..	AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉRO ENTRE CAMAROTE Y PASILLO.....	- 2 -
☐	<i>Pasillo / Caramarote 3-07</i>	<i>- 2 -</i>
☐	<i>Pasillo / Caramarote 3-06</i>	<i>- 2 -</i>
☐	<i>Pasillo / Caramarote 3-08</i>	<i>- 2 -</i>
2.2.	PARÁMETROS ACÚSTICOS RECOGIDOS.	- 3 -
2.3.	INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA.	- 5 -
2.4.	PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS ACÚSTICOS	- 5 -
3.	RESULTADOS DE AISLAMIENTO OBTENIDOS.	- 8 -
	<i>Camarote 3-06 / Caramarote 3-04</i>	<i>- 8 -</i>
	<i>Camarote 3-06 / Caramarote 3-08</i>	<i>- 8 -</i>
	<i>Pasillo / Caramarote 3-07.....</i>	<i>- 8 -</i>
	<i>Pasillo / Caramarote 3-06.....</i>	<i>- 8 -</i>
	<i>Pasillo / Caramarote 3-08.....</i>	<i>- 8 -</i>
4.	MEDIDAS DE NIVELES SONOROS AMBIENTALES EN EL INTERIOR DE CAMAROTES PROVENIENTES DE FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS	- 9 -
4.1.	PARÁMETROS ACÚSTICOS RECOGIDOS.	- 9 -
4.2.	RESULTADOS OBTENIDOS	- 9 -

1. ANTECEDENTES Y OBJETO.

El objetivo del presente informe reside en el análisis de las características acústicas de aislamiento y recepción de ruido ambiental en espacios del BUQUE ESPERANZA. En este sentido, se evalúa el cumplimiento de unos niveles de ruido en los camarotes según Confort V (límite establecido en 50 dBA) de Norske Veritas, pues según informe aportado por esta entidad:

“2) Hay 3 cabinas con los niveles de ruido 3.2 dB (A) más alto que el límite COMF-V (1). De acuerdo con las reglas Comfort Class (ref. Apéndice A) hasta el 15% de los camarotes pueden tener niveles excesivos de ruido en el rango de 1-3 dB (A) por encima del límite.

Para esta nave solamente 2 cabinas están autorizados a tener exceso en los niveles de ruido, si el COMF-V (1) son los criterios que deben cumplirse.

Esto significa que los niveles de ruido medidos no cumplen con los requisitos de COMF-V (1). Con el fin de cumplir con COMF-V (1) el nivel de ruido en una de las cabinas con un nivel excesivo (meas.pos 3.4, 6.3 o 7.3) debe ser reducido al menos a 50 dB (A). Sin embargo, los niveles de ruido medidos satisfacen los criterios de COMF-V (2).

Final COMF-V: el cumplimiento no puede ser decidido hasta que esté disponible la información sobre el aislamiento de sonido de las puertas de la cabina y los paneles de separación entre cabinas, por ejemplo mediante la realización de mediciones de aislamiento acústico a bordo”

Los resultados de aislamiento permitirán la obtención de conclusiones en relación al cumplimiento de COMF-V (1): Exigencia de valores de inmisión máximo en cabinas de 50 dBA.

2. DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN ACÚSTICA.

2.1. Ensayos realizados.

Se han realizado los siguientes ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo:

2.1.1. Aislamiento acústico a ruido aéreo entre camarotes

- ☐ Camarote 3-06 / Caramarote 3-04
- ☐ Camarote 3-06 / Caramarote 3-08

2.1.2.. Aislamiento acústico a ruido aéreo entre camarote y pasillo.

- ☐ Pasillo / Caramarote 3-07
- ☐ Pasillo / Caramarote 3-06
- ☐ Pasillo / Caramarote 3-08



2.2. Parámetros acústicos recogidos.

En relación a la Evaluación del aislamiento acústico a ruido aéreo, se determinaron los valores adoptados por los siguientes parámetros acústicos:

a) $D_{nT,w}$ (C) dB, evaluación conforme a la norma ISO 717-1, a partir del parámetro **Diferencia de Niveles Estandarizada** D_{nT} (obtenido, a su vez, para cada frecuencia mediante los ensayos acústicos realizados según ISO 140):

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

Donde:

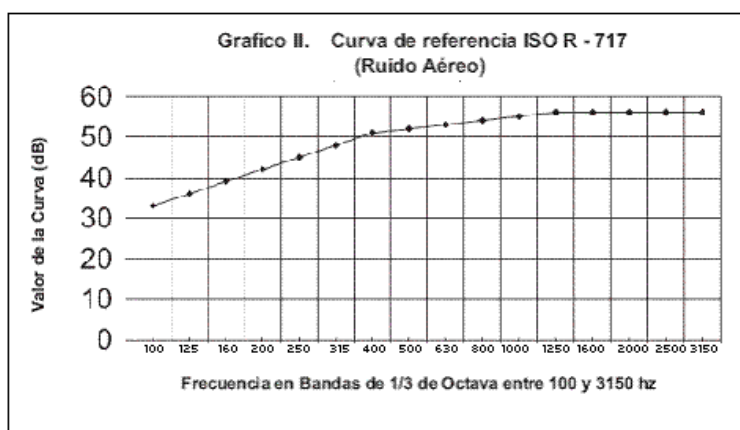
- L_1 es el nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, en dB.
- L_2 es el nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, en dB.
- T es el tiempo de reverberación en el recinto receptor, en segundos.
- T_0 es el tiempo de reverberación de referencia, 0,5 segundos.

Nota: $D_{nT,w} + C \approx D_{nTA}$ (se expresaría en dBA)

b) Índice de aislamiento **Ia** (dB).

Para la obtención del índice de aislamiento a ruido aéreo **Ia**, se han seguido las recomendaciones de la norma ISO R-717, que establece el procedimiento que se determina seguidamente:

- Se considera la gráfica de la diferencia de niveles estandarizada D_{nT} obtenida mediante ensayos in situ.
- Sobre la gráfica descrita se superpone la curva de referencia establecida en la Norma ISO R-717. Las características de dicha curva son las definidas en el siguiente Gráfico:



- La curva de referencia se desplaza verticalmente en saltos de 1 dB sobre la curva D_{nT} hasta que se cumplan las condiciones siguientes:
 - a) La media de las desviaciones desfavorables, es decir cuando el valor del aislamiento es inferior al de la curva de referencia desplazada, es mayor de 1 pero menor de 2. Dicha media la obtenemos dividiendo la suma de las desviaciones desfavorables por el número total de bandas de frecuencia controladas (16).
 - b) La máxima desviación desfavorable es inferior a 8 dB.
- En las condiciones definidas en el apartado anterior, determinamos **el índice de aislamiento acústico a ruido aéreo** I_a como el valor que presenta la curva de referencia para la banda de 500 Hz.

NOTA: el Código sobre Niveles de Ruido a Bordo de los Buques, aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI), indica en su capítulo 6: *Aislamiento acústico entre espacios de alojamiento*:

6.1 Generalidades

Se prestará atención al aislamiento acústico que deba haber entre espacios de alojamiento con objeto de hacer posibles el descanso y el recreo aun cuando en espacios adyacentes se desarrollen otras actividades; por ejemplo, oír música, charlar, manipular carga, etc.

6.2 Índice de insonorización

6.2.1 Las propiedades de aislamiento que contra el sonido aeropropagado deban reunir los mamparos y cubiertas dentro de los alojamientos se ajustarán por lo menos al siguiente índice de insonorización (Ia) de conformidad con la Norma R717 de la ISO:

- ❑ *Entre camarotes Ia = 30*
- ❑ *Entre un comedor o una sala de recreo Ia = 45 y un camarote o una enfermería*

2.3. Instrumentación empleada.

Para la realización de los ensayos se ha dispuesto de la siguiente instrumentación:

- Sonómetro integrador Bruel&Kjaer modelo 2260.
- Micrófono de campo libre Bruel&Kjaer modelo 4189.
- Calibrador acústico Bruel&Kjaer modelo 4231.
- Fuente sonora omnidireccional modelo 4296.
- Amplificador AGK, SR 300.
- Software “Qualifier Type 7830 ver. 2.3”. Bruel&Kjaer
- Software Noise explorer Bruel&Kjaer



2.4. Procedimiento de los ensayos acústicos

Para la realización de los ensayos acústicos de aislamiento a ruido aéreo, se ha seguido lo especificado en la norma **UNE EN ISO 140-4: 1999**.

- a) En este sentido, las mediciones de los niveles sonoros equivalentes L_1 y L_2 (dBA) se llevaron a cabo empleando 2 posiciones de la fuente en el local emisor y 5 posiciones de micrófono para cada una de ellas; por tanto, se realizaron 10 mediciones de cada parámetro.

Las separaciones entre posiciones del micrófono cumplieron los siguientes valores mínimos:

- ❑ 0,7 m entre posiciones de micrófono.
- ❑ 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los bordes del recinto o difusores.

- ❑ 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

b) Así mismo, para la determinación del tiempo de reverberación en el local receptor (T_2) se tomaron 6 registros con un mínimo de 4 posiciones distintas de foco sonoro impulsivo y 3 posiciones de micrófono.



Las posiciones de micrófono cumplieron los siguientes requisitos:

- ❑ Alejadas más de 0,5 m de las paredes laterales.
- ❑ Un mínimo de 0,7 m entre ellas.
- ❑ Un mínimo de 1 m de la fuente sonora impulsiva.

c) En cuanto al ruido de fondo (B_2) (dBA), se han efectuado 3 mediciones del mismo en el local receptor (en tres posiciones distintas).

- En todos los muestreos mencionados anteriormente las posiciones de micrófono se situaron a 1,2 m de altura.
- La constante de tiempo utilizada ha sido la de posición lenta (S) según UNE/EN 60651.

- Las medidas realizadas y valores calculados han sido realizadas conforme a las siguientes normas:

- ❑ UNE EN 60651, UNE EN 60651/A1 y UNE EN 60804, UNE EN 60804/A1: Sonómetros y Sonómetros integradores promediadores.
- ❑ UNE EN 61260 Electroacústica. Filtros de bandas de octava y 1/N fracción de octava.
- ❑ UNE EN 20942: Calibradores acústicos.
- ❑ UNE EN 20354: Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante.
- ❑ Normas UNE EN ISO 140-4: Medición “in situ” del aislamiento a ruido aéreo entre locales.
- ❑ Orden Ministerial 29920, Ministerio de Fomento, de 16 de diciembre de 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir niveles de sonido audible.
- ❑ ORDEN ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos
- ❑ La precisión del instrumento de medida es del tipo 1 definido en la norma UNE EN 60651 y UNE EN 60804.
- ❑ El sistema de medida completo incluyendo el micrófono ha sido comprobado antes de cada medición mediante el calibrador acústico de clase 1 según la norma UNE EN 60942.
- ❑ Los filtros de 1/3 de octava del equipo cumplen la norma UNE EN 61260 en su clase 0.
- ❑ Para la medida del tiempo de reverberación el equipo cumple con los requisitos definidos en la norma UNE EN 20354.

La fuente sonora utilizada es del tipo omnidireccional y cumple con los requisitos especificados en el anexo A.1.3 de la norma UNE EN ISO 140-4 y se ha generado un ruido estacionario en el recinto emisor con un espectro continuo y uniforme en el tiempo,

en el rango de frecuencia considerado. La potencia sonora de la fuente ha sido la suficiente como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea al menos de 10 dB más alto que el ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia, en los casos que esto no se ha podido cumplir esta condición se han realizado las oportunas correcciones por ruido de fondo acorde a lo especificado en el apartado 6.6 de la norma UNE EN ISO 140-4:1999. Se consigue así crear un campo sonoro lo más difuso posible en el recinto emisor.

3. RESULTADOS DE AISLAMIENTO OBTENIDOS.

La siguiente tabla muestra un resumen de los valores de aislamiento a ruido aéreo entre locales obtenidos:

ENSAYO	ISO 717-1	ISO R717
Camarote 3-06 / Caramarote 3-04	$D_{n,T,w} (C) = 57 (-5) \text{ dB}$	$I_a = 51 \text{ dB}$
Camarote 3-06 / Caramarote 3-08	$D_{n,T,w} (C) = 54 (-1) \text{ dB}$	$I_a = 54 \text{ dB}$
Pasillo / Caramarote 3-07	$D_{n,T,w} (C) = 37 (-1) \text{ dB}$	$I_a = 37 \text{ dB}$
Pasillo / Caramarote 3-06	$D_{n,T,w} (C) = 38 (-1) \text{ dB}$	$I_a = 38 \text{ dB}$
Pasillo / Caramarote 3-08	$D_{n,T,w} (C) = 42 (0) \text{ dB}$	$I_a = 42 \text{ dB}$

Conclusiones.

- ❑ Los resultados reflejan como **los valores de aislamiento obtenidos entre camarotes** con el índice I_a (51 dB y 54 dB) superan los valores mínimos establecidos por el *Código sobre Niveles de Ruido a Bordo de los Buques*, aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI): $I_a \geq 30 \text{ dB}$

- ❑ Los resultados reflejan como **los valores de aislamiento obtenidos entre camarotes y pasillo resultan elevados teniendo en cuenta que se trata de aislamiento entre recintos que comparten puerta.**
- ❑ Estos resultados debieran de permitir la obtención de conclusiones en relación al cumplimiento de COMF-V (1): Exigencia de valores de inmisión máximo en cabinas de 50 dBA.

4. MEDIDAS DE NIVELES SONOROS AMBIENTALES EN EL INTERIOR DE CAMAROTES PROVENIENTES DE FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS

4.1. Parámetros acústicos recogidos.

- ❑ Nivel Continuo Equivalente (Leq). Se puede considerar como el nivel continuo de ruido que permaneciendo constante tendría la misma energía acústica que el ruido fluctuante real, para el periodo de tiempo considerado. Su importancia radica en su manejabilidad matemática y en su fuerte asociación con los niveles de molestia del ser humano.
- ❑ L_{Amáx} y L_{amín} (de cada medición)
- ❑ Percentiles: L_n
- ❑ Se ha empleado la escala de ponderación A; de este modo, los resultados vienen expresados en decibelios A (dBA).
- ❑ Espectros frecuenciales del ruido. El informe aporta la distribución frecuencial, en bandas de 1/3 de octava, de los aislamientos obtenidos

4.2. Resultados obtenidos

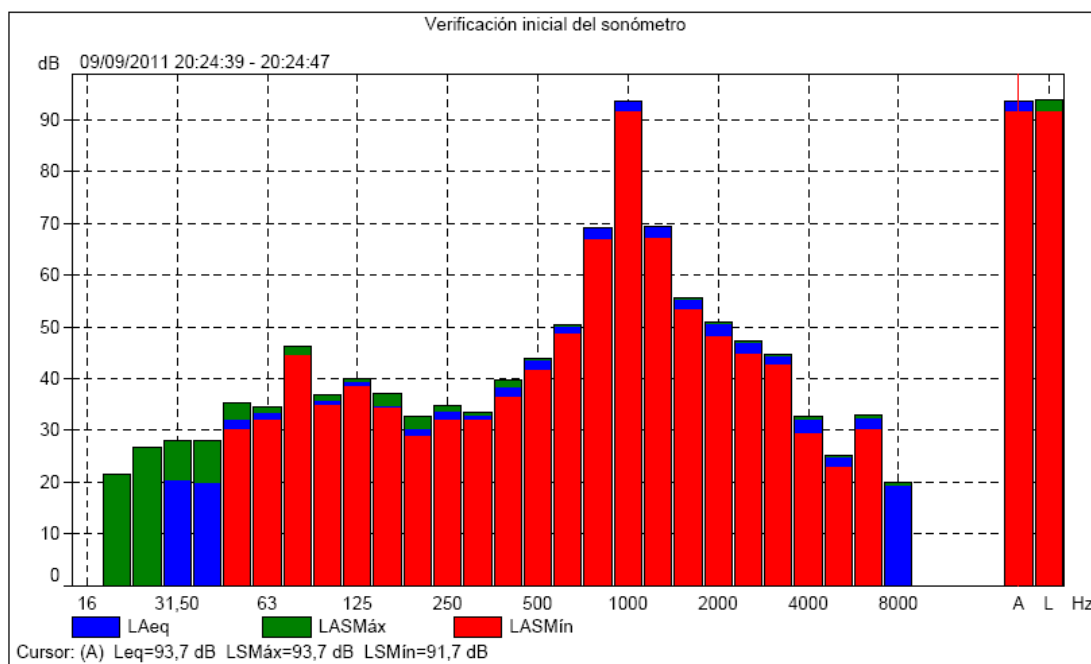
Las medidas ambientales se han realizado en el emplazamiento 4-11 de Popa con generador de emergencia en estado de funcionamiento:

Medición	Posición de medida	L _{Aeq} (dBA)
Medida 1	4-11	76,1
Medida 2	4-11	76,2
Medida 3	4-11	75,7
Medida 4	lateral	66,3

Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre
espacios del BUQUE ESPERANZA

Verificación inicial del sonómetro

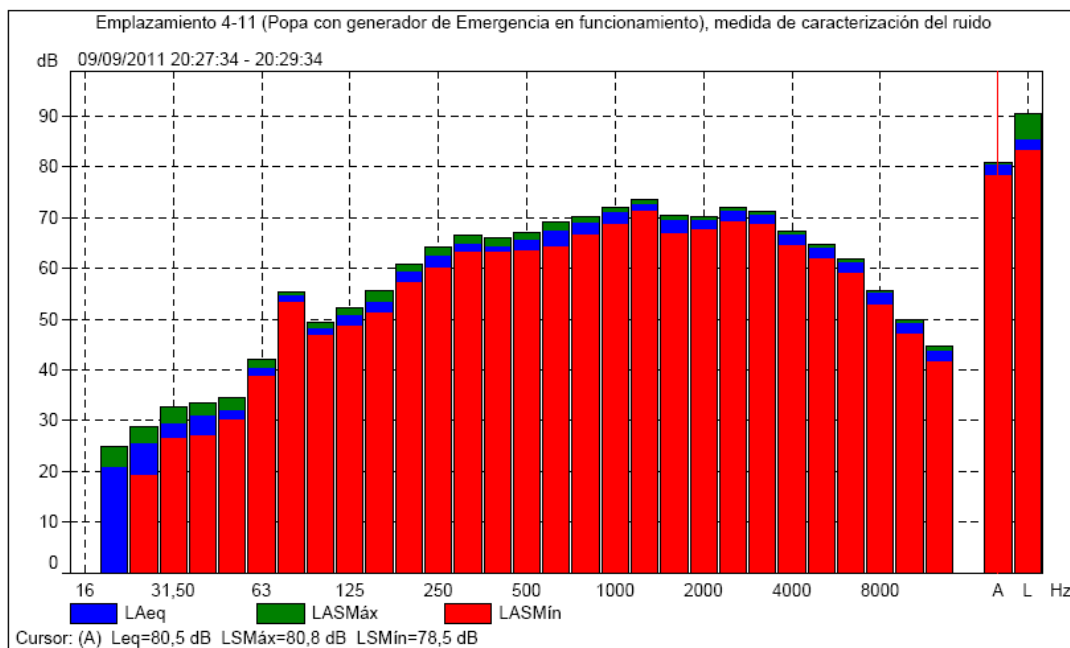
	Tiempo de inicio	LAeq [dB]	Tiempo Transcurrido	LASMáx [dB]	LASMin [dB]	LAS90 [dB]	LAIm [dB]	LAS10 [dB]
Valor		93,7		93,7	91,7	92,9	93,7	93,8
Tiempo	20:24:39		0:00:08					
Fecha	09/09/2011							



Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre
espacios del BUQUE ESPERANZA

Emplazamiento 4-11 (Popa con generador de Emergencia en funcionamiento), medida d...

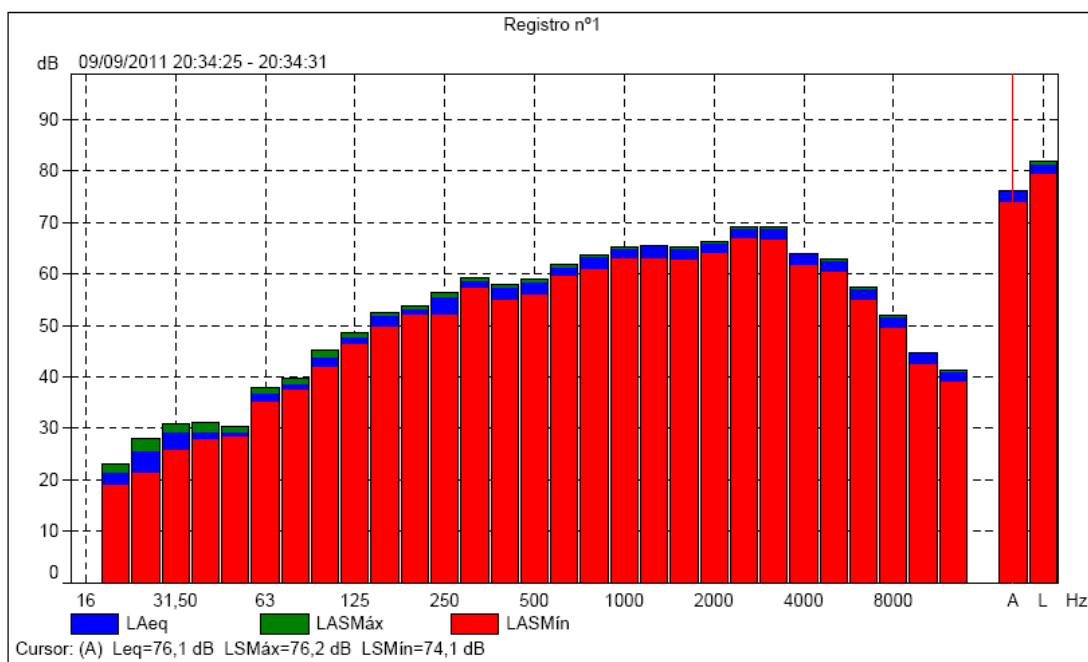
	Tiempo de inicio	LAeq [dB]	Tiempo Transcurrido	LASMáx [dB]	LASMin [dB]	LAS90 [dB]	LAlm [dB]	LAS10 [dB]
Valor		80,5		80,8	78,5	80,3	80,8	80,6
Tiempo	20:27:34		0:02:00					
Fecha	09/09/2011							



Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre
espacios del BUQUE ESPERANZA

Registro n°1

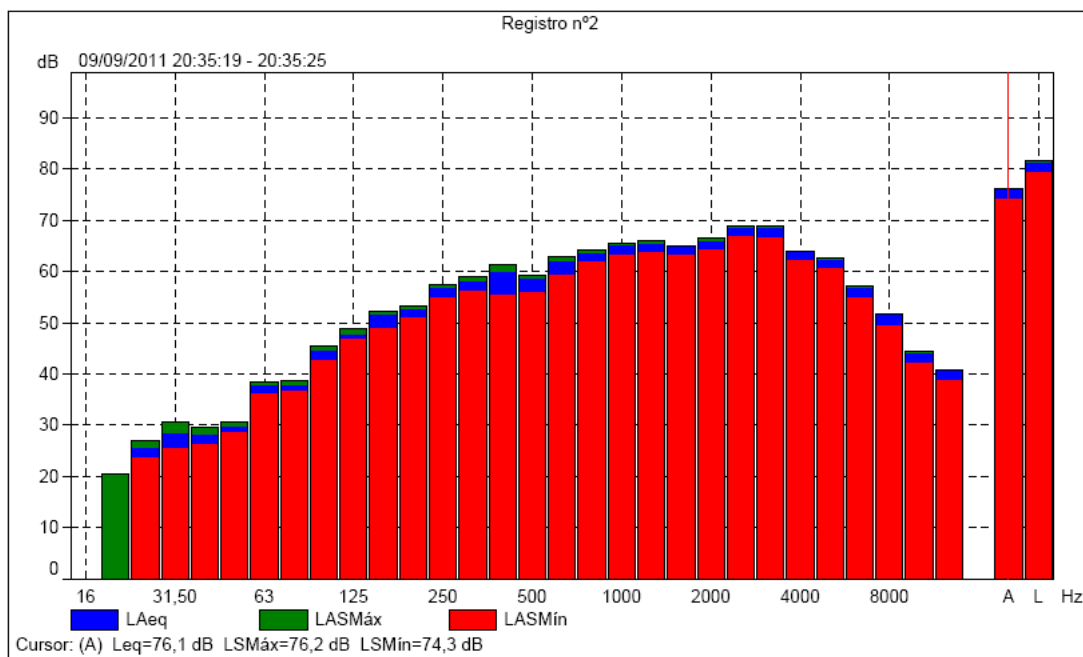
	Tiempo de inicio	LAeq [dB]	Tiempo Transcurrido	LASMáx [dB]	LASMin [dB]	LAS90 [dB]	LAIm [dB]	LAS10 [dB]
Valor		76,1		76,2	74,1	75,2	76,3	76,2
Tiempo	20:34:25		0:00:06					
Fecha	09/09/2011							



Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre
espacios del BUQUE ESPERANZA

Registro n°2

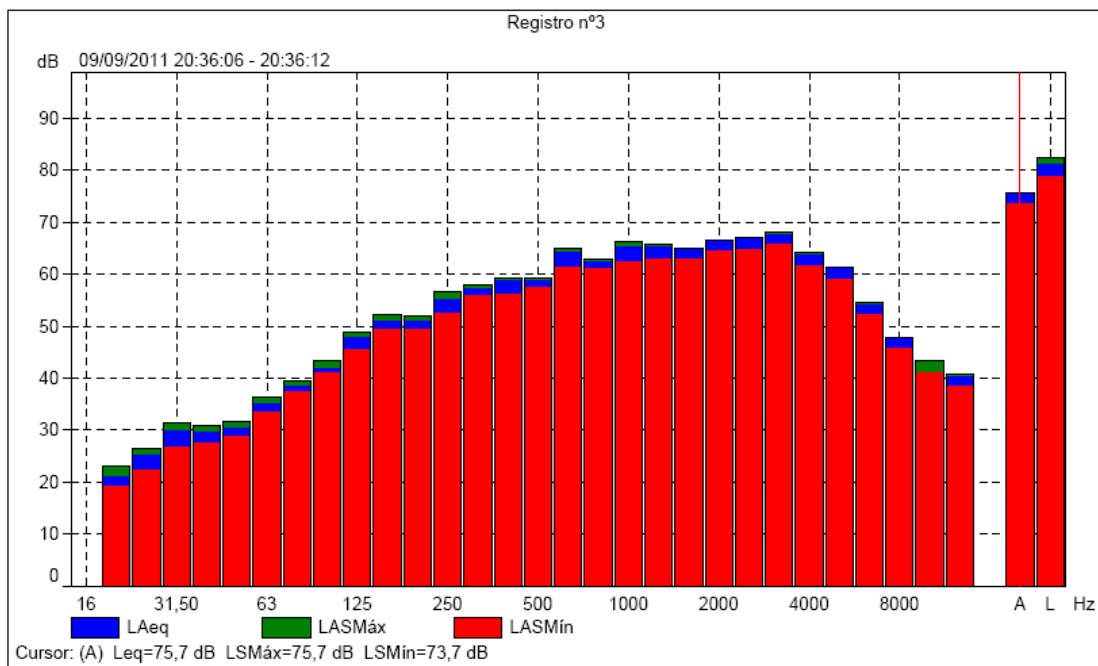
	Tiempo de inicio	LAeq [dB]	Tiempo Transcurrido	LASMáx [dB]	LASMin [dB]	LAS90 [dB]	LAIm [dB]	LAS10 [dB]
Valor		76,1		76,2	74,3	75,1	76,4	76,2
Tiempo	20:35:19		0:00:06					
Fecha	09/09/2011							



Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre
espacios del BUQUE ESPERANZA

Registro nº3

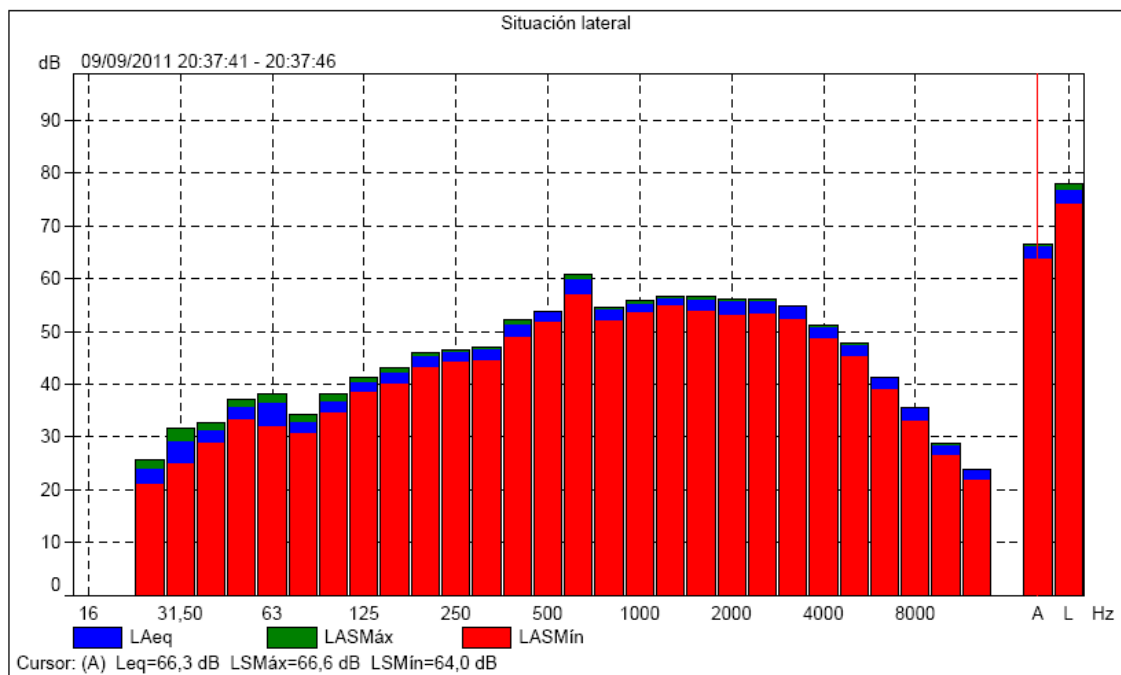
	Tiempo de inicio	LAeq [dB]	Tiempo Transcurrido	LASMáx [dB]	LASMin [dB]	LAS90 [dB]	LAlm [dB]	LAS10 [dB]
Valor		75,7		75,7	73,7	74,8	76,0	75,8
Tiempo	20:36:06		0:00:06					
Fecha	09/09/2011							



Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre
espacios del BUQUE ESPERANZA

Situación lateral

	Tiempo de inicio	LAeq [dB]	Tiempo Transcurrido	LSMáx [dB]	LSMín [dB]	LAS90 [dB]	LAIm [dB]	LAS10 [dB]
Valor		66,3		66,6	64,0	65,3	66,9	66,4
Tiempo	20:37:41		0:00:05					
Fecha	09/09/2011							



Se adjuntan al presente informe los siguientes anexos:

- Anexo I: Acreditación para la realización de mediciones acústicas.
- Anexo II: Certificados de calibración del calibrador y del sonómetro-analizador.
- Anexo III: Listados y resultados de cálculo.

Marín, 15 marzo de 2015

El ingeniero especialista

