

**MANUEL ROJO PEREZ**

*Técnico de Astilleros Españoles, S.A.
En colaboración con los Técnicos del Laboratorio
de Acústica del Centro Nacional de Homologación.*

El ruido en los buques.

INTRODUCCION

Hace tiempo que las Sociedades de Clasificación y las de Investigación han editado recomendaciones, (algunas de las cuales ya son leyes) acerca de los límites de ruidos permisibles en los diferentes espacios de los buques.

Al mismo tiempo, en alguna extensión estas recomendaciones no se cumplen en una gran cantidad de buques.

En las ocupaciones normales, en tierra, todo el mundo abandona el lugar de trabajo, más o menos pesado, al final de la jornada, terminando de esta forma las molestias que le ocasione, hasta el siguiente día.

No ocurre así en el buque, en el cual la tripulación ha de permanecer en la misma atmósfera veinticuatro horas al día, todos los días.

Esta situación requiere atender este problema con más interés.

No pretende este artículo resolver el problema pero sí aportar alguna información que pueda conducir a su solución.

Como primer paso hacia este objetivo, se han realizado mediciones en una serie de buques, con objeto de conocer los distintos niveles de ruido existentes y compararlos con los valores recomendados en cada espacio. Con respecto a estos valores recomendados se puede decir que casi todas las opiniones son coincidentes. Hay solamente algunas excepciones. Por ejemplo las recomendaciones de la U.R.S.S. son bastante exigentes.

Debido a los aumentos de las potencias de los buques y al afinamiento de sus escantillones el nivel de ruido tiende a aumentar. Esto hace más difícil la

solución de estos problemas para obtener unos buques más silenciosos.

También hay que tener en cuenta que en algunos espacios se perciben simultáneamente vibraciones y ruidos en diferentes grados. Esto da lugar a una mayor sensación de molestias, aunque algunos de los dos componentes pudiera considerarse como aceptable si se considera aisladamente. A causa de ello algunos investigadores han establecido cifras para limitar ruidos y vibraciones registrados simultáneamente. (1)

Este es un tema muy interesante, pero a causa de la falta de información suficiente es preferible dejar este asunto para otra ocasión. No obstante es necesario insistir en esta forma de definir el confort, ya que ambos problemas suelen estar unidos en bastantes espacios de los buques.

BASES TEORICAS

En este artículo no se citan principios teóricos, porque sería excesivamente largo de enumerar y por otra parte existen una gran cantidad de normas y resúmenes en los que está suficientemente tratado el tema.

Como regla general y para hacer las mediciones breves, el primer paso debe ser tomar los niveles de ruidos en dB(A) para compararlos con los límites aconsejados y conocer el grado de severidad.

No obstante, esta clase de medidas ponderadas no es suficiente porque, en primer lugar dos cifras de igual magnitud en dB(A) pueden realmente representar dos niveles de ruido diferentes. Esto es debido principalmente a que en la banda de octavas correspondiente a 31.5 Hz la ponderación es de aprox.

40 dB y generalmente en los buques suelen predominar estas bajas frecuencias. Esto hace que la regla aproximada de restar cinco unidades al valor expresado en dB(A) para obtener el valor correspondiente en NR no sea correcta en muchos casos. Estas diferencias pueden ser más grandes, más pequeñas, e incluso nulas en algunos casos.

Por esta razón siempre que se tengan valores en dB(A) próximos a los límites recomendados será conveniente, hacer una medición con filtros de octavas y reflejar su espectro en las curvas ISO (2) de valoración para conocer el NR correspondiente.

Por otra parte si se pretende conocer el origen de los ruidos, una medida en dB(A) no da idea que tipo de frecuencias son las que predomina.

Si se desea profundizar más en el problema será necesario registrar en cinta magnética y analizar en el laboratorio. De esta manera se conocerán, por los tipos predominantes, cuales son las frecuencias causantes del ruido.

Analizando de esta forma se descubren algunos datos interesantes. En un buque (3) en el que había quejas por parte de los oficiales del puente, se hicieron medidas por octavas y no se encontraron valores que justificaran dichas quejas. No obstante al insistir en ello se hizo un registro que al ser analizado mostró unos valores más elevados en la zona inferior a la primera banda de octavas (31.5 Hz).

Esto mismo ha sido detectado en algunos buques medidos por el autor. Ello demuestra que no sólo es insuficiente medir en dB(A) sino que en al-

gunas ocasiones también puede serlo el utilizar filtros de octavas, ya que los sonidos de muy baja frecuencia no son detectados.

Los límites aquí considerados como criterio de aceptabilidad se han tomado de diversas opiniones, pero principalmente de las conclusiones de un simposio sobre ruidos en buques celebrado en Oslo (4).

Dichos límites se han reflejado sobre las curvas NR de ISO (Fig. 1).

TECNICAS EXPERIMENTALES

Para obtener información suficiente, libre de alteraciones eventuales, se han llevado a cabo medidas en catorce buques.

Todos estos buques son de las mismas dimensiones y tipo (bulk carriers), construidos en el mismo astillero, con el mismo motor propulsor, con máquinas y alojamientos a popa, medidos en la misma condición de lastre durante las pruebas de velocidad y con la máquina al cien por cien de sus revoluciones.

Todas las medidas se realizaron en dB(A), pero al menos un camarote de cada cubierta y algunos otros espacios representativos fueron medidos por octavas.

Generalmente las técnicas de medida fueron las establecidas por las normas ISO para buques (5) y el instrumento usado fue un sonómetro de precisión que cumple con las normas exigidas (6),

RESULTADOS

Los valores máximos y mínimos registrados en los buques medidos en algunos espacios representativos, se muestran en la figura 2, con objeto de dar una idea de la forma de la curva, es decir de las frecuencias existentes en cada espacio.

En la tabla II se relacionan las cifras que indican los valores medidos en términos de NR, dB(A) y S.I.L.

De acuerdo con el interés particular de cada uno se pueden obtener diversas conclusiones, pero en general se pueden hacer las siguientes observaciones:

a) CAMARA DE MAQUINAS

El espacio de cámara de máquinas es inaceptable en todos los buques medidos. Esta opinión puede hacerse extensiva a los buques mercantes que navegan por todo el mundo. Este problema es bien conocido por todos desde hace mucho tiempo.

Hace algunos años la B.S.R.A. midió una gran cantidad de buques y obtuvo suficientes datos de este y otros espacios (7).

La solución adoptada por este lugar de trabajo es la cámara de control aislada dentro del espacio de máquinas.

No obstante ser la cámara de control casi un paraíso comparada con el lugar en que está incluida, debe y puede ser un espacio más si-

FIGURA 1

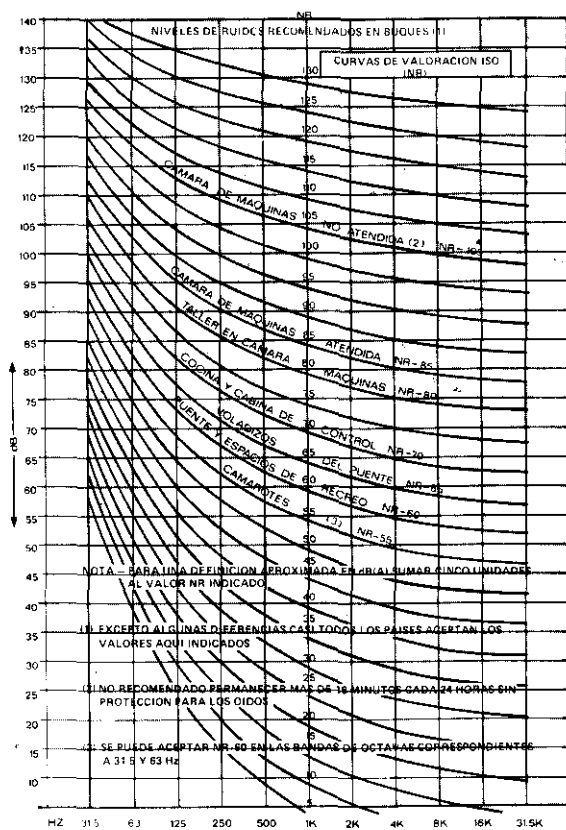
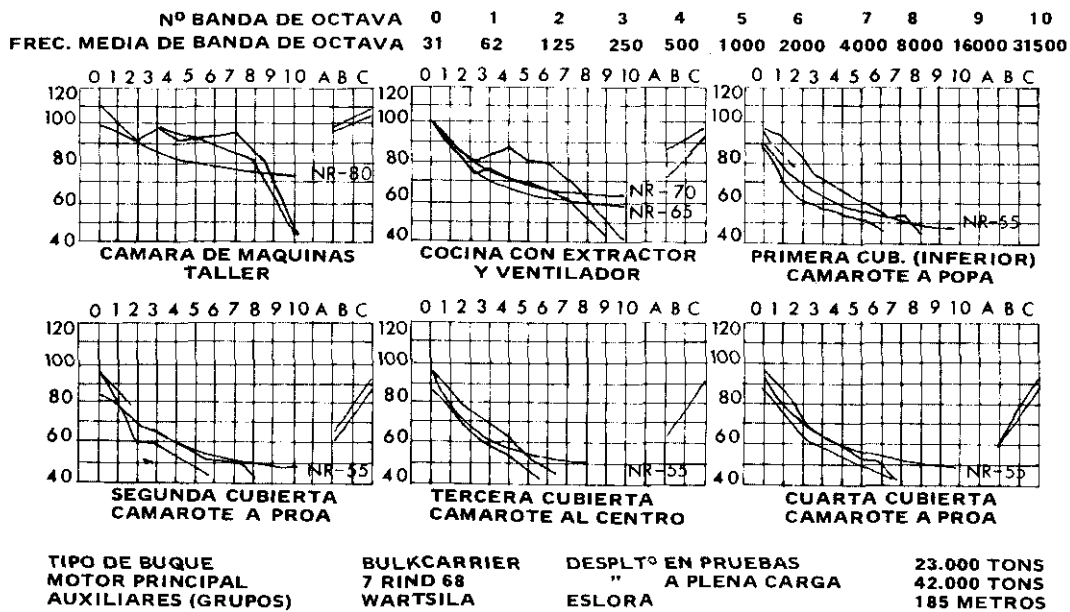


FIGURA 2
MEDIDAS DE RUIDOS



lencioso de lo que es en la actualidad. El valor medio obtenido de los buques medidos es de 79 dB(A)(NR-74) y el S.I.L. 71. El valor recomendado es de 75 dB(A) ó (NR-70).

La cifra que representa el valor S.I.L. es más bien alta. Ello indica que de acuerdo con la tabla I (8) una conversación en voz alta se considera satisfactoriamente inteligible a una distancia de 0,26 m. La cifra ideal para este espacio sería S.I.L. 65.

Los ruidos fuera de la cámara de control. (al nivel de la parte alta del motor) alcanzan una cifra de 103 dB(A) (NR-98) y el S.I.L. 94.

b) TALLER EN CAMARA DE MAQUINAS

Situado éste en la cámara de máquinas y sin un simple mamparo de separación, todos los ruidos llegan a este punto sin ninguna atenuación.

El nivel aconsejado es de 85 dB(A) o NR-80. Las cifras medidas de 98 dB(A) y NR-94 son bastante altas. El valor medio S.I.L. 91 muestra que la inteligibilidad en este lugar de trabajo es muy difícil. Se necesita protección para los oídos para permanecer en él. Un simple mamparo de acero, e indudablemente mucho mejor con forrado interior, daría a este espacio un nivel de ruidos satisfactorio.

c) COCINA

Este es también un lugar de trabajo. El límite aconsejado es 70-75 dB(A). El valor medio obtenido de las medidas es 74 dB(A), (NR-69) y S.I.L. 66.

Esto es aceptable, pero con el sistema de extracción y ventilación de la cocina funcionando, el nivel de ruido se eleva a 84 dB(A),

TABLA I

Nivel de interferencia con la conversación	Máxima distancia a la cual se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en un tono normal de voz	Máxima distancia a la cual se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en voz alta
dB	m	m
35	7.5	15
40	4.2	8.4
45	2.3	4.6
50	1.3	2.6
55	0.75	1.5
60	0.42	0.85
65	0.25	0.50
70	0.13	0.26

(NR-81) y S.I.L. 77 que no es aceptable.

Para mejorar este espacio sería conveniente montar los ventiladores fuera de la cocina, o montar silenciadores y forrar los conductos de ventilación.

d) CAMAROTES

Como es lógico mientras más bajos están situados los camarotes más altos son los ruidos medidos; también puede decirse lo mismo en sentido longitudinal. Es decir cuanto más cerca del motor o de la hélice más ruidosos son los camarotes. Algunos espacios altos están afectados por la exhaustación del motor principal o por los ventiladores de máquinas.

En general los ruidos de camarotes son de origen estructural procedentes de la máquina o

de la hélice (Ver fig. 3). Los caminos seguidos en el esquema no están tan claramente delimitados. Ambos tipos de ruidos se encuentran mezclados en cualquier parte, pero en general predominando en la forma indicada.

Ruidos registrados en cinta magnética y analizados posteriormente en el laboratorio han mostrado algunas frecuencias predominantes. Registradas también vibraciones en diferentes puntos para localizar el origen de estas frecuencias, se han detectado en la chumacera de empuje y en las bombas del motor principal. Sin ninguna duda la mayor energía procede de la chumacera de empuje y ello significa que ésta puede ser el origen; pero como la frecuencia mencionada es un armónico de las palas de la hélice, ésta puede ser transmitida a la estructura por la chumacera y por las presiones del agua sobre el casco. Para aclarar esta cuestión para un punto receptor de estas frecuencias sería necesario seguir el camino de ambos focos de vibraciones.

e) PUENTE DE GOBIERNO

El entendimiento de las órdenes de mando y la audibilidad de las señales procedentes de otros buques son vitales en el puente.

Los límites recomendados para este espacio son 65 dB(A) o NR-60.

La media obtenida es 68 dB(A).

La fuente de ruidos más próxima a este lugar es la chimenea. Por lo tanto el silencioso del motor principal es el problema a resolver.

También le llegan al puente vibraciones procedentes de la máquina y hélice que se transfor-

FIGURA 3
DISTRIBUCION APROXIMADA
DE RUIDOS

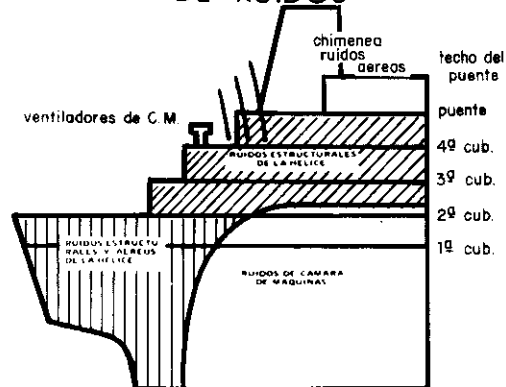


TABLA II

	1			2			3			4			5			6			7		
	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L
TALLER (C.M.)	94	98	92	94	98	90	93	99	88	92	97	91	97	101	94	94	98	90	93	97	91
COCINA (con extract.)	82	85	78	-	-	-	85	85	80	78	81	75	88	89	81	84	86	79	82	82	75
COCINA (sin extract.)	73	75	70	-	77	-	78	-	71	72	64	72	75	69	73	74	67	62	76	69	
CAMAROTE Cub. Prai.	72	71	58	57	61	49	68	68	65	56	68	57	65	66	53	75	70	57	62	65	53
CAMAROTE Cub. Told.	65	64	54	57	57	45	-	65	-	56	60	51	53	66	46	64	61	52	-	60	-
CAMAROTE Cub. Ofic.	63	64	52	50	54	42	64	70	55	57	60	48	51	64	43	52	55	40	60	65	57
CAMAROTE Cub. Cap.	68	62	50	50	55	41	62	65	55	55	57	43	48	65	43	57	58	45	58	60	51
CABINA DE CONTROL	-	81	-	-	-	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	79	-	-	-	-	
PUENTE	-	67	-	-	65	-	70	-	-	67	-	-	-	-	-	68	-	-	69	-	
MOTOR PARTE ALTA	-	103	-	-	103	-	102	-	-	102	-	-	102	-	-	102	-	-	102	-	

	8			9			10			11			12			13			14		
	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L	NR	dBA	S.I.L
TALLER (C.M.)	94	98	90	93	98	91	97	99	94	92	96	90	91	96	89	93	97	90	95	98	91
COCINA (con extract.)	80	83	76	77	81	73	80	83	77	81	83	74	82	86	79	79	83	75	84	88	81
COCINA (sin extract.)	69	72	64	68	73	66	65	70	63	71	76	69	66	71	64	66	71	63	68	72	63
CAMAROTE Cub. Prai.	69	68	56	62	65	50	69	68	56	61	64	50	64	68	55	66	66	55	66	66	51
CAMAROTE Cub. Told.	56	61	51	57	59	51	57	64	54	53	57	49	51	58	46	55	60	47	61	62	53
CAMAROTE Cub. Ofic.	50	56	45	57	62	51	54	60	49	52	58	48	56	61	41	56	60	50	62	64	50
CAMAROTE Cub. Cap.	56	60	49	51	55	46	54	58	43	49	56	46	50	57	45	52	57	45	62	58	48
CABINA DE CONTROL	-	81	-	-	76	-	80	-	-	77	-	-	82	-	74	79	71	76	80	71	
PUENTE	-	68	-	-	70	-	70	-	-	65	-	-	65	-	-	68	-	-	68	-	
MOTOR PARTE ALTA	-	103	-	-	103	-	104	-	-	102	-	-	102	-	98	103	96	98	102	96	

man en ruidos a través de mamparos, techo y puertas.

VALORES MEDIOS

Las cifras de algunos de los espacios tomados en los catorce buques están relacionadas en la tabla II. Al estudiarlas detenidamente se pueden observar algunas irregularidades. Estas están justificadas por el hecho de que fueron tomadas en pruebas de mar y en algunos casos pudieron ser afectadas por evoluciones inesperadas del buque que alteraron el nivel del ruido y no fueron detectadas al tomar los datos. Para minimizar estas posibles irregularidades se han obtenido los valores medios que se indican a continuación:

	NR	dB(A)		
		dB(A)	S.I.L.	-NR
TALLER EN C.M.	94	98	91	4
COCINA (Ventil. funcionando)	82	84	77	2
COCINA (Ventil. parada)	69	74	66	5
CAMAROTE EN 1. ^a CUB.	65	67	55	2
CAMAROTE EN 2. ^a CUB.	57	61	50	4
CAMAROTE EN 3. ^a CUB.	56	61	47	5
CAMAROTE EN 4. ^a CUB.	54	59	46	4
CAMARA DE CONTROL	75	79	71	4
PUENTE	-	68	-	-
PARTE ALTA DEL MOTOR	98	103	96	5

La reducción del nivel de ruido en las cubiertas más altas es evidente en las medias obtenidas.

Las diferencias entre dB(A) y NR se aproximan más al nivel establecido por diversos autores de cinco unidades (salvo dos casos). Sin embargo si se obtienen estas diferencias en cada buque aisladamente, pueden hallarse más irregularidades por las razones ya enumeradas.

CONCLUSIONES

- Aunque los límites indicados en la fig. 1 son aceptados en general, cada astillero debe hacer frente a los reglamentos o leyes exigidos por la nacionalidad del buque contratado. En España no existen leyes definidas sobre este particular. En un artículo publicado en la revista E.N.E. (9) se comentan entre otros este asunto.
- Se debe prestar más atención a los pequeños mamparos en alojamientos. En algunas ocasiones ellos son la causa de ruidos en los camarotes.
- Es muy importante prever en las puertas, armarios, aparatos de luz, etc., de juntas y topes de goma, ya que en muchas ocasiones

son estos elementos los que hacen inaceptable un camarote y por otra parte esto no supone apenas gasto.

- El proyecto de la ventilación y extracción de la cocina debe ser mejorado o montar los ventiladores alejados de este espacio.
- Las tuberías que crucen los espacios de alojamientos deben de tener acoplamientos elásticos en su unión con la estructura.
- Al medir ruidos deben seguirse los siguientes pasos:

- a) En primer lugar para obtener una idea del nivel de ruidos se medirá en dB(A).
- b) Si los valores obtenidos en dB(A) están próximos a los límites establecidos será necesario hacer una medición por octavas para un conocimiento más exacto.
- c) Si fuera preciso buscar soluciones sería necesario registrar simultáneamente ruidos y vibraciones. Las vibraciones deben ser tomadas en tres planos diferentes. Es conveniente analizar frecuencias de ruido algo por debajo de 31.5 Hz (hasta 15 Hz, por ejemplo).

Finalmente debemos insistir como se dijo al principio que este primer paso ha sido realizado con objeto de recopilar datos para comparar con los niveles recomendados y localizar los problemas existentes con vista a su solución en el futuro.

También deseamos insistir en que las mediciones fueron realizadas en pruebas de mar no disponiendo de las condiciones que hubieran sido ideales en todos los casos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) *A Proposal for Standardized Measurements and Annoyance Rating of Simultaneous Noise and Vibration in Ships. Netherland T.N.O. Report N. 126, 5 June 1969.*
- (2) *ISO Recommendation 1996, 1971 (E).*
- (3) *Solving Noise and Vibration Problems in Merchant Ships. The Motor Ship, december, 1976.*
- (4) *Noise Symposium. Oslo. October, 1975. Det Norske Veritas. Esta es una información muy completa con definiciones, normas, límites y soluciones procedentes de especialistas de varios países. Ver también Controlling Noise Problem Prediction, Measurement and Remedies, from Det Norske Veritas, March, 1976.*
- (5) *ISO-2923. Measurement of Noise on Board Vessels.*
- (6) *IEC-179 (DIN 45633) (International Electrotechnical Commission).*
- (7) *A Survey of Noise in Merchant Ships. M.I.E. E., 20th January, 1969.*
- (8) *ISO/TR 3352, 1974 (E).*
- (9) *Control de los niveles de ruido de los buques. Empresa Nacional Elcano, núm. 337, mayo 1976.*