

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

*Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial*

**ANALISIS DE LA ACTIVIDAD  
MUSCULAR RESPIRATORIA  
MEDIANTE TECNICAS TEMPORALES,  
FRECUENCIALES Y ESTADISTICAS**

Autor: Miguel Angel Mañanas Villanueva  
Director: Pere Caminal Magrans

Juny de 1999

# **CAPÍTULO IV**

## CAPÍTULO IV

---

### EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO. PREVENCIÓN

---

#### ÍNDICE

- **4.1.- Efectos generales de la exposición al ruido**
  - 4.1.1.- Consideraciones generales
  - 4.1.2.- Ruido y pérdidas de audición.
  - 4.1.3.- Hipoacusia producida por el ruido.
  - 4.1.4.- Desplazamiento temporal del umbral auditivo inducido por ruido.
  - 4.1.5.- Desplazamiento permanente del umbral auditivo.
  - 4.1.6.- Otros efectos fisiológicos
  - 4.1.7.- Interferencia con la comunicación oral.
  - 4.1.8.- Interferencia con el sueño.
  - 4.1.9.- Efectos de los ultrasonidos.
  - 4.1.10.- Ruidos de impulso.
- **4.2.- Criterios de prevención de pérdidas de audición por exposición al ruido a bordo.**
- **4.3.- Efectos para la tripulación de la exposición al ruido.**
- **4.4.- Conclusiones del capítulo**

● **4.1.- Efectos generales de la exposición al ruido**

• **4.1.1.- Consideraciones generales**

La influencia negativa del ruido laboral en la capacidad auditiva de los trabajadores es bien conocida desde hace mucho tiempo. Sin embargo es mucho más problemático establecer una relación de causalidad entre el nivel de ruido al que está sometida una persona y otros efectos no auditivos que, en ocasiones, se refieren.

Según indica A.García<sup>1</sup> se pueden formular tres hipótesis que relacionan el ruido con la salud. La primera de ellas se basa en la existencia de una relación causal directa entre la exposición al ruido y el deterioro de la salud, como ocurre en la pérdida de capacidad auditiva que se experimenta a causa de dicha exposición.

La segunda hipótesis acepta que los efectos del ruido en la salud de las personas tienen lugar a través de algún proceso intermedio de stress, que ineludiblemente comporta un efecto negativo sobre la salud.

La tercera hipótesis supone que el ruido produce un efecto negativo especialmente notorio en determinados individuos especialmente sensibles, actuando más bien como promotor que como iniciador del deterioro del estado de salud.

Para estudiar los efectos del ruido sobre la salud suelen establecer los estudiosos del tema agrupaciones diferentes como se pasa a describir:

---

<sup>1</sup>GARCIA GARCIA A.M. "Estudio de los efectos del ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos Monografías Sanitarias, Serie D, Núm. 11, Conselleria de Sanitat i Consum de la Generalitat Valenciana, 1990



## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

K.D. Kryter distingue entre: pérdidas de audición producidas por el ruido; interferencias del ruido con la comunicación hablada; interferencia del ruido con actividades mentales o psicomotoras; efectos sobre aparatos o sistemas diferentes del auditivo y reacciones comunitarias al ruido. <sup>2</sup>

M.Cosa diferencia tres clases de efectos: efectos de tipo específico sobre el aparato auditivo y vestibular; efectos de tipo inespecífico sobre otros órganos o sistemas diferentes de los anteriores y mediados por el sistema nervioso; efectos psicosociales. <sup>3</sup>

La Organización Mundial de la Salud <sup>4</sup> distingue entre efectos auditivos; interferencia con la comunicación hablada; interferencia con el sueño; molestias; efectos no específicos y efectos sobre el rendimiento.

La Comisión de la Comunidad Europea <sup>5</sup> diferencia entre efectos sobre el aparato auditivo; efectos consecuentes al estímulo de los sistemas nerviosos central y autónomo; interferencia con las actividades; interferencia con la comunicación hablada y molestia y reacción de la comunidad.

Como se ve todas las clasificaciones siguen una pauta parecida y, en el resto de este capítulo, se resume el estado actual del conocimiento acerca de cada una de ellas.

---

<sup>2</sup>KRYTER,K.D. "Effects of noise on man". Academic Press, Inc. Orlando.1985

<sup>3</sup>COSA.M.:"Il rumore urbano e industriale". Istituto Italiano di Medicina Sociale. Roma. 1980

<sup>4</sup>OMS "Criterios de Salud Ambiental 12. El ruido". Servicio de Publicaciones y documentación OPS/OMS. México.1983

<sup>5</sup>COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES "Damage and annoyance caused by noise". Directorate General for Social Affairs. Health Protectorate Directorate. 1975

• **4.1.2.- Ruido y pérdidas de audición**

Atendiendo a la forma de presentarse los ruidos industriales, los higienistas suelen clasificarlos así:

Ruidos continuos: Son aquellos ruidos en los que ni los niveles de presión acústica ni su espectro de frecuencias varían con el tiempo. Son bastante poco frecuentes en ambientes industriales.

Ruidos intermitentes: Se caracterizan porque el nivel de presión acústica y el espectro de frecuencias varían constantemente entre límites estrechos. En algunos casos, como en las prensas excéntricas, la variación del nivel de presión acústica y el espectro de frecuencias es periódico.

Son los ruidos mas frecuentes en la industria, y en general, se presentan superpuestos al ruido de fondo, caracterizado por presentar muy pequeñas variaciones del nivel de su presión acústica.

Ruido de impacto: Es un proceso sonoro de muy corta duración ( $t < 200$  ms) y de un nivel de presión acústica relativamente elevado. Es típico del choque de dos superficies sólidas.

Las cuatro características principales de un ruido de esta naturaleza son: el tiempo que tarda en alcanzar su máxima intensidad; el tiempo que tarda en anularse; la intensidad máxima que se alcanza; su repetibilidad.

El tiempo transcurrido desde que comienza hasta que se extingue totalmente el ruido originado por cada golpe, suele ser inferior a los 100 ms por lo que la intensidad máxima alcanzada suele ser elevada, así se pueden sobrepasar los 140 dB. Esta variación tan grande, unida

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

a la corta duración, hace que la energía varíe rápidamente con el tiempo, por lo que se presenta en forma de picos.

La repetibilidad varía según el tipo de máquina, pudiendo alcanzarse repeticiones de hasta varios miles de golpes por minuto.<sup>6</sup>

Ruido impulsivo: Es un proceso sonoro de muy corta duración y de niveles de presión acústica relativamente elevados. Se diferencia del ruido de impacto en que está originado por variaciones bruscas de presión.

Según J.V. Silva<sup>7</sup> los factores que condicionan la aparición de las pérdidas de audición son:

a) La intensidad del ruido

El límite entre intensidades peligrosas y no peligrosas se suele situar por debajo de los 90 dB. Así la mayoría de los investigadores consideran que exposiciones a 85 dB en la banda de octavas centrada a 500 Hz y a altas frecuencias durante 40 horas semanales no originan pérdidas auditivas significativas.

---

<sup>6</sup>La energía de un ruido de impacto es muy difícil de medir, puesto que varía muy rápidamente con el tiempo. Así, por ejemplo, un sonómetro en slow almacena la energía que le llega durante 500 ms, después promedia y da una lectura. Sin embargo, en los ruidos de impacto toma energía durante muy poco tiempo (menos de 100 ms) y después promedia en los 500. Lógicamente los resultados que da están así muy por debajo de su valor real. Por eso los prácticos -en España los higienistas industriales- emplean una regla práctica para valorarlos: Colocan el sonómetro en fast y escala lineal, suman 20 dB al valor obtenido, y obtienen así el valor de pico. La concordancia, al parecer, es excelente.

<sup>7</sup>J.V.SILVA ALONSO "Conceptos básicos sobre el ruido" Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo. Gabinete Provincial de Santander. 1976

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Sin embargo los estudios realizados por Glory en personas expuestas a un máximo de 79 dB, demostraron que este nivel origina una pérdida de 15 dB en la frecuencia de 4.000 Hz y calcularon que el grado de pérdida se estima en un 10% anual.

### b) Distribución de frecuencias tonales

Las experiencias realizadas con sonidos puros han demostrado que a intensidades y duraciones idénticas, las frecuencias altas son más peligrosas que las bajas, puesto que las frecuencias por debajo de 1000 Hz se atenúan por mecanismos reflejos. Un ruido constituido por muchas frecuencias es menos nocivo que un sonido puro de la misma intensidad. Así las frecuencias superiores a los 2.000 Hz son las más peligrosas. Por otra parte, los ruidos industriales se sitúan casi siempre en frecuencias comprendidas entre los 2.000 y los 4.000 Hz, que son las más peligrosas.

### c) Duración de la exposición

Las pérdidas auditivas se agravan con el tiempo. Así aumentan al aumentar el número de horas diarias de exposición y con el número de años.

### d) Duración de las pausas

Los individuos sometidos a un ambiente ruidoso sufren un fenómeno reversible denominado fatiga auditiva, que consiste en una disminución de los niveles sensoriales.

El tiempo de recuperación depende de la intensidad del ruido, y del tiempo de exposición; en general cuanto más elevados son éstos, mayor es el tiempo necesario para recuperarse totalmente. Puede variar entre unas pocas horas y varios días.

Cuando se producen nuevas exposiciones antes de la recuperación total, la alteración se hace crónica.

e) Continuidad del ruido

Uno de los mecanismos de defensa frente a ruidos muy intensos es la contracción de los músculos del estribo y tensor del tímpano tras un período de latencia de sólo 10 milésimas de segundo. El tensor del tímpano actúa sobre el mango del martillo hacia adentro, mientras que el músculo del estribo tira hacia afuera de este hueso. Estas dos fuerzas se oponen entre sí, lo que permite que el sistema de huesecillos logre gran rigidez, disminuyendo la transmisión en 30 o 40 dB, de las frecuencias inferiores a los 1.000 Hz que son precisamente los que mas daños ocasionan en la membrana basilar. Así se protege el caracol frente a ruidos de baja frecuencia excesivamente intensos.

La mayor parte de los investigadores indican que es preferible trabajar en un ambiente de ruido discontinuo, es decir, un ruido que tenga intervalos menos ruidosos, que el estar expuesto a ruidos de intensidad constante, puesto que así se evita que los músculos estén en tensión continua.

En cuanto a los ruidos de impacto, la casi totalidad de los autores opinan que lo que se debe de considerar es el nivel total de energía del ruido. Así los higienistas americanos (ACGIH) adoptaron un TLV que condiciona el número de impactos/día admisibles a la energía de cada impacto. Así admiten 1.000 impactos/día con 130 dB(A) de pico. En ruido de 1.000 impactos/día y 130 dB(A) se pone en juego la misma cantidad de energía que en un ruido continuo de 90 dB(A) durante 8 horas.

f) Factores personales

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Como puede ser la fatigabilidad aumentada de aquellas personas que sufren procesos otítricos inflamatorios. Incluso se puede considerar como factor personal la edad, puesto que los individuos jóvenes son mas resistentes al ruido que los de mayor edad.

Como quiera que en ocasiones concurren diversas causas en la pérdida de audición de las personas que enmascaran los efectos del ruido, conviene tener presente que, sin carácter exhaustivo, cabe distinguir las atendiendo a la parte del órgano de la audición en que se manifiestan así: <sup>8</sup>

-En el oído externo:

Taponamiento del canal, debido a secreción de cera, objetos, tumores, etc, aunque el canal necesita estar casi completamente interceptado para producirse una pérdida significativa.

-En el oído medio:

Ruptura de la membrana timpánica (se cree que esto no ocurre normalmente mientras no se alcancen niveles de presión sonora pico de 175 dB, niveles que no son comunes en la industria, aunque son frecuentes en el disparo de armas potentes, incluso rifles, pudiendo ocurrir en explosiones pirotécnicas con relativa facilidad, si bien en oídos sensibles la ruptura puede ocurrir a niveles menores).

Infecciones tales como otitis media, fibrosis, etc.

---

<sup>8</sup>A. GARCIA SENCHERMES Y V. MESTRE SANCHO: Pérdida de audición inducida por ruido: Niveles de ruido permisibles en el trabajo. Revista de Acústica, Vol V, núm. 1 y 2, 1974

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Enfermedades causantes de otoesclerosis (endurecimiento de las uniones entre los huesecillos), fijación del estribo, etc.

-En el oído interno:

Pérdidas de audición congénitas. Trauma del parto. Efectos secundarios de determinados medicamentos. Infecciones vestibulares y crónicas, como la enfermedad de Meniere. Presbiacusia o pérdida de audición con la edad.

Pérdidas de audición neuro-sensoriales debidas a la destrucción de células ciliares del oído interno por exposición prolongada a niveles excesivos de ruido o exposición instantánea a niveles muy altos producidos por impactos, explosiones, etc.

-En el nervio transmisor y en el cerebro:

Presencia de tumores en el nervio transmisor o en el cerebro, traumas, esclerosis, etc

Además existen otras causas no fisiológicas de sordera, como en el caso de la sordera imaginaria presente en determinados casos de histerismo o shock, y la sordera de conveniencia, que en ocasiones trabajadores malévolos fingen padecer para obtener ventajas económicas o laborales, hoy fácilmente detectable por métodos audiológicos.

Por tanto la exposición a niveles de ruido excesivos no es sino una causa mas, entre las muchas existentes, capaz de producir pérdida de audición.

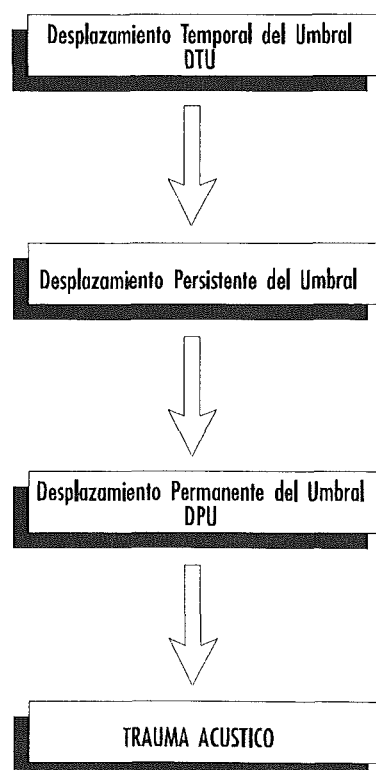


Figura 4.1: Secuencia que sigue habitualmente la hipoaquisia provocada por ruido

Como algunas otras esta es una causa que puede soslayarse con medidas preventivas adecuadas, pero que tiene la gran desventaja de ser irreversible, pues las células ciliadas destruidas por el ruido no se regeneran.

• **4.1.3.- Hipoacusia producida por el ruido**

En general la hipoacusia producida por ruido es consecuencia de un trauma acústico, en el que se presenta súbitamente y es siempre irreversible, o bien sigue la secuencia descrita en la figura.

La exposición al ruido se considera como un problema de salud pública que debe resolverse tomando medidas para la prevención, fundamentalmente, de la hipoacusia producida por el ruido (NIHL, noise induced hearing loss), manteniéndolo por debajo de los niveles que se consideran potencialmente peligrosos.

Si la NIHL puede atribuirse a un período de exposición a un ruido breve pero de un nivel muy alto, puede producirse un trauma acústico, hipoacusia repentina con cambios físicos, bioquímicos y electrofisiológicos característicos, en algún elemento del oído. Así un sonido de nivel de pico de más de 140 dB puede provocar la ruptura de la membrana del tímpano, con dislocación de los huesecillos del oído medio, creando una hipoacusia de transmisión y junto a ella, por lesión del órgano de Corti, una hipoacusia de percepción<sup>9</sup>.

La progresión gradual de la hipoacusia inducida por el ruido con el tiempo de exposición sigue la pauta de los audiogramas de Ward<sup>10</sup> que se muestran en la figura 4.2.

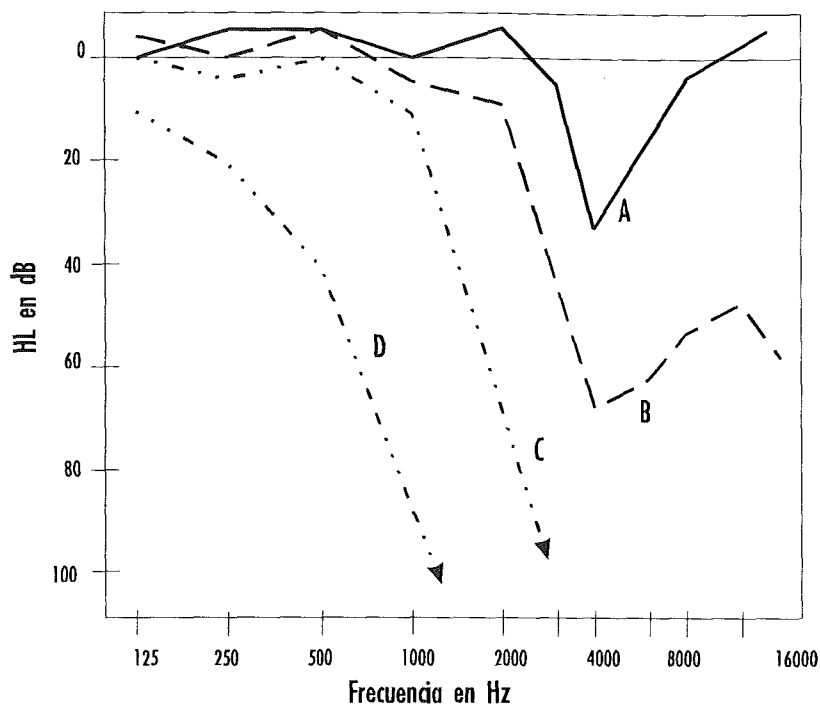
---

<sup>9</sup>COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES op. cit.

<sup>10</sup>W.D.WARD "The identification and treatment of noise-induced hearing loss", Otolaryngol. Clin. North Am. 89-90, 1969



## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO



Fuente: W.D. Ward: "The identification and treatment of noise-induced hearing loss". Otolaryngol. Clin. North Am., 90-89, 1969

**Fig 4.2:** Audiograma mostrando la progresión de la hipoacusia inducida por ruido, esta se inicia con A, un escotoma, y termina en D (grave pérdida de tonos altos)

Como se advierte en ellos, la hipoacusia se manifiesta por una pérdida de sensibilidad a la frecuencia de 4.000 Hz, que se hace más severa a medida que aumenta el tiempo de exposición al ruido, siendo mas intensa a frecuencias altas que, al final, acaban por dejar de percibirse.

Para valorar el efecto de la exposición al ruido en una persona se puede determinar la diferencia entre el umbral auditivo del sujeto antes y después de la exposición. La diferencia entre ambas medidas es el desplazamiento del umbral (TS, treshold shift), que puede ser permanente (PTS) o temporal (TTS).

• 4.1.4.- Desplazamiento temporal del umbral auditivo inducido por ruido

El desplazamiento temporal del umbral auditivo inducido por ruido (NITTS2) es la hipoacusia de percepción temporal que se acusa tras una exposición a un nivel alto de ruido -de 85 o mas dB- dos minutos después de cesar dicha exposición y que, generalmente, desaparece en un plazo de unas pocas horas.

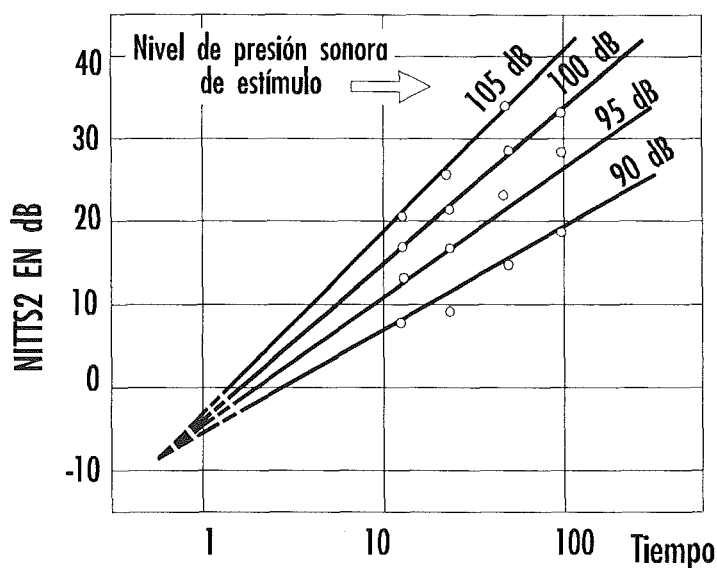


Figura 4.3: NITTS2 a 4 KHz, medido dos minutos después de la exposición a una banda de ruido de 1200 a 2400 Hz.

El NITTS2 depende del nivel de ruido, del tiempo de exposición, del grado de desplazamiento del umbral y de la susceptibilidad del sujeto al ruido. Tanto su aumento como su recuperación dependen logarítmicamente del tiempo de exposición <sup>11</sup>,

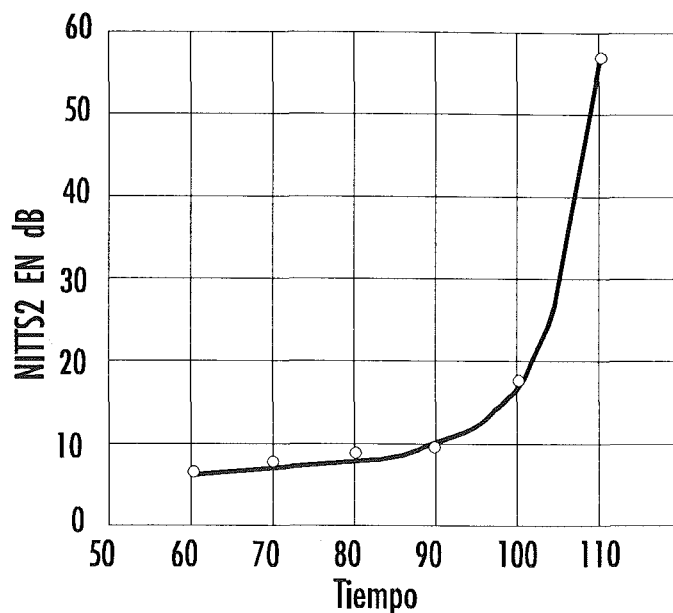
<sup>11</sup>BURNS, W. y ROBINSON, D.W.: Her Majestys Stationery Office, 1970.

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

$$\text{NITTS2} = K \cdot \log t$$

siendo K una variable que depende del desplazamiento del umbral y de la susceptibilidad, y t el tiempo de exposición.

Además se ha observado que es tanto mayor cuanto mayores son los niveles sonoros de la excitación, como recoge la figura siguiente (figura 4.4).



**Figura 4.4:** NITTS2 medido diez segundos después de la exposición a un tono puro de 2000 Hz

En presencia de un nivel constante de ruido el aumento del NITTS2 se estabiliza en un tiempo que varía de 8 a 12 horas <sup>12</sup>, siendo el ruido discontinuo menos perjudicial que el continuo del mismo nivel <sup>13</sup>.

<sup>12</sup>MELNICK, W. and MAVES, M.: Asymptotic treshold shift (ATS) in man from 24-hr. Exposure to continuous noise. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 83-820, 1974

<sup>13</sup>MILLER, J.D. Effects of noise on people. *J. Acoust. Soc. Am.* 56(3): 729-762, 1974

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Se ha observado que si la frecuencia de excitación es un tono puro o un ruido de banda estrecha, el NITTS2 se manifiesta principalmente a una frecuencia que está media octava por encima de ella. Sin embargo para ruidos de banda ancha presenta un máximo en la banda comprendida entre 3 y 6 kHz, en la banda centrada en 4 kHz

Igualmente se ha comprobado experimentalmente por Ward y Walker <sup>14</sup> que para estímulos con la misma energía sonora, <sup>15</sup> los de banda mas ancha dan una NITTS2 mayor.

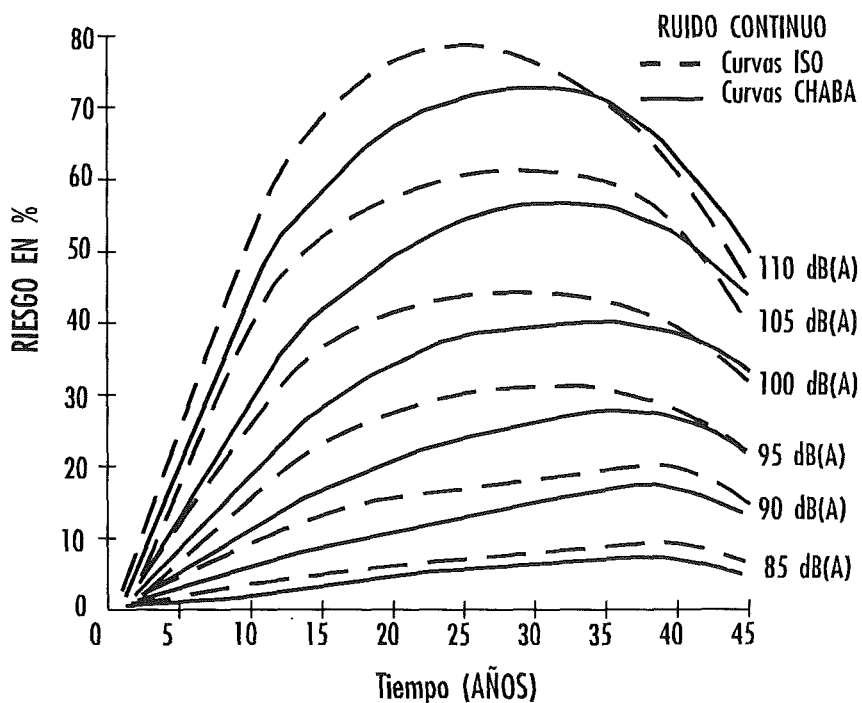


Figura 4.5: Riesgo de pérdidas de audición para distintos años de exposición y distintos niveles de ruido const. (Johansson)

<sup>14</sup>V.D. WARD "Damage risk-criteria for line spectra" JASA 34 1610 (1962)

<sup>15</sup>J.G. WALKER I.S.V.R. Annual Review. (1972)

• **4.1.5.- Desplazamiento permanente del umbral auditivo**

El desplazamiento permanente del umbral auditivo no depende solo del nivel de exposición sino que es función también de otras variables como el envejecimiento (presbiacusia); determinadas enfermedades como la parotiditis y la exposición a ciertos productos químicos como el benceno o el bisulfuro de carbono, por lo que resulta difícil determinar si la pérdida auditiva que manifiesta un sujeto ha sido causada por el ruido al que se atribuye.

Las características generales mas importantes de esta pérdida de audición en función del número de años de exposición al ruido, se ponen de manifiesto en el diagrama de Johansson

Como se ve en él, la pérdida de audición es máxima para la frecuencia de 4.000 Hz, habiéndose comprobado que, para una misma intensidad y frecuencia, es mas lesivo el ruido continuo que el discontinuo y el ruido impulsivo resulta mas perjudicial que el continuo equivalente<sup>16</sup>. Es de destacar que es una pérdida progresiva que se incrementa de manera lenta y continua con el tiempo acumulado de exposición y aparece gradualmente, por lo general al cabo de varios años de exposición a ruidos superiores a 85 dB, tendiendo a estabilizarse asintóticamente en el caso de que la banda de frecuencias de 4.000 a 6.000 Hz sea dominante. Sin embargo para ruidos de frecuencias inferiores a 2.000 Hz es muy difícil que se alcance la asíntota<sup>17</sup>. Suele venir acompañado de acúfenos o sensaciones sonoras subjetivas temporales o permanentes<sup>18</sup> y es

---

<sup>16</sup>HENDERSON, D., y HAMERNIK, R.P.: Impulse noise. Critical review. J.Acoust. Soc. Am. 80; 569-582. 1986

<sup>17</sup>REGER, S.N., and LIERLE, D.M.: Changes in auditory acuity produced by low and medium intensity level exposures. Trans. Am. Acad. Ophthalmol., 58-433, 1954

<sup>18</sup>ALBERTI, P.W...: Tinnitus in occupational hearing loss: nosological aspects. J. Otolaryngol 16; 34-35. 1987

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

directamente proporcional a la cantidad de energía acústica captada por el sujeto a lo largo de su vida (teoría de la energía equivalente)<sup>19</sup>.

Burs y Robinson <sup>20</sup> con ayuda de esta teoría determinaron que el Nivel Total de ruido Recibido  $E_A$  depende del nivel sonoro  $L$  en dB(A) y de la duración de la exposición, expresada en años, en la forma:

$$E_A = L + 10 \log T$$

que muestra que limitando la exposición a la mitad del tiempo, se puede aumentar  $L$  en 3 dB(A) sin modificar el Nivel Total de Ruido Recibido.

Atherley, Rice y Martin, <sup>21 22</sup> han sugerido que la teoría de la energía equivalente es aplicable también al ruido de impactos, encontrando soluciones aceptables en el caso de ruidos de disparo de armas de fuego, en contradicción con lo que afirman otros investigadores.

Anatomopatológicamente se advierte que los sujetos con desplazamiento permanente del umbral auditivo severo tienen un gran número de células ciliadas de la cóclea dañadas o destruidas y, a menudo, alteraciones de la vascularización de la cóclea y lesiones retrovasculares<sup>23</sup>

---

<sup>19</sup>KRYTER, K.D.: Effects of noise on man. Academic Press, Inc. Orlando.1985

<sup>20</sup>W.BURS y D.W.ROBINSON "Hearing and Noise in Industry" London HMSO (1970)

<sup>21</sup>G.R. ATHERLEY y A.MARTIN "Equivalent Continuous noise level as a measure of injury from impulse noise". Annals of Occupational Hygiene, 14, 11-28

<sup>22</sup>C.G.RICE y A. MARTIN "Impulse Noise damage risk criteria" J.S.V. 28, 359-367 (1973)

<sup>23</sup>SAUNDERS, J.C.; DEAR, S.P., AND SCHNEIDER, M.E.: The anatomical consequences of acoustic injury: a review and tutorial. J.Acoust. Soc.Am.78; 833-59. 1985

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

---

Los servicios médicos de empresa <sup>24</sup> suelen vigilar la conservación de la función auditiva, sometiendo periódicamente a los trabajadores mas expuestos a audiometrías liminares de tonos puros. Para evaluar el deterioro de la audición determinan habitualmente tanto la pérdida auditiva global como su afectación profesional a 4.000 Hz. La primera valora las perturbaciones que la hipoacusia produce en las frecuencias conversacionales, y se define como "la pérdida media en dB a 500, 1.000 y 2.000 Hz para el oído menos afectado" y la clasifica así:

CLASE	GRADO	PÉRDIDA MEDIA EN DB
I	NORMAL	Menos de 15 dB
II	CASI NORMAL	De 15 a 20 dB
III	PÉRDIDA DÉBIL	de 25 a 40 dB
IV	PÉRDIDA MEDIA	De 40 a 65 dB
V	PÉRDIDA GRAVE	De 65 a 75 dB
VI	PÉRDIDA MUY GRAVE	De 75 a 85 dB
VII	SORDERA	Mas de 85 dB

La afectación a 4.000 Hz se valora en grados ELI (Early Loss Index -of noise-induced hearing loss-), introducidos inicialmente por Hermann y Glorig <sup>25 26</sup> y se define como "la pérdida en dB en la frecuencia de 4.000 Hz, menos la pérdida por presbiacusia".

Estas pérdidas se determinan a partir de la siguiente tabla:

---

<sup>24</sup>HERRERO, MONZON Y GARCIA "Valoración higiénica y médica del ruido en una central térmica" Núm. 68 "SALUD Y TRABAJO", 1988

<sup>25</sup>HERMANN, E.R. "An Audiometric approach to noise control" JOURNAL OF THE AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION, Vol. 24, July-August 1963, p.344

<sup>26</sup>GLORIG A. et al. "Damage Risk Criteria and Noise-Induced Hearing Loss" ARCHIVES OF OTOLARYNGOLOGY, Vol 74, 1961, p.413

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

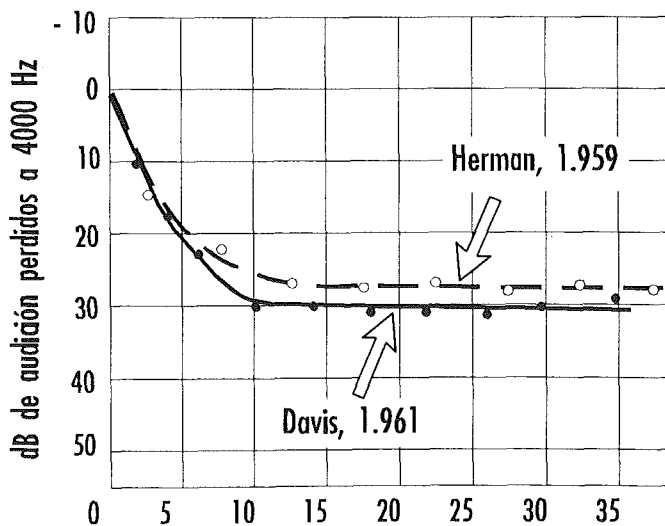
EDAD	125	250	500	1000	2000	4000	8000
20 a 29	0	0	0	0	0	3	5
30 a 39	5	5	5	5	6	14	16
40 A 49	7	7	7	8	8	21	25
50 A 59	10	10	12	12	13	29	32
60 A 69	14	14	15	19	24	40	48

y se clasifican así:

GRADO	PÉRDIDA EN dB	SIGNIFICADO
A	Menos de 8 db	Normal
B	De 8 a 14 dB	Bueno
C	De 15 a 22 dB	Límite
D	De 23 a 39 dB	Sospechoso
E	Más de 30 dB	Muy Sospechoso

Tras estudiar Glorig 5.582 oídos, y Hermann 1.718, llegaron a la conclusión de que la pérdida de agudeza auditiva a 4.000 Hz evoluciona en el tiempo como se muestra en la figura 4.6.

Queda en ella de relieve cómo con el paso del tiempo, una población determinada sometida a ruidos elevados tiende a alcanzar una pérdida de audición constante.



**Figura 4.6:** Pérdida de la agudeza auditiva a los 4000 Hz en función de la exposición al ruido



## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Por ello puede enunciarse la ley que rige las pérdidas de audición con el paso del tiempo matemáticamente en la forma

$$-\frac{dL}{dt} = kL$$

que integrada y representando por H la pérdida de audición  $L_0 - L_t$ , siendo k una constante y  $L_0$  la pérdida de audición máxima inducida por ruido, se reduce a

$$H = L_0 (1 - e^{-kt})$$

Hermann encontró valores de  $L_0$  de hasta 55 dB y de k de hasta 0,44.<sup>27</sup>

### • 4.1.6.- Otros efectos fisiológicos

El ruido estimula el sistema nervioso central y autónomo, estableciendo un arco reflejo en el que el centro está constituido por las zonas reticular e hipotalámica del encéfalo; las vías aferentes son las que se muestran en la figura adjunta y las vías eferentes siguen el esquema de terminación sinóptica de las fibras olivo-cocleares en la dendrita auditiva de las células ciliadas internas, o en la base de las células ciliadas externas que se representan en la figura 4.8.

Los órganos afectados son, de una parte, los inervados por el sistema nervioso autónomo (aparato digestivo, cardiovascular, glándulas endocrinas, etc); y de otra, los centros hipotálamo-diencefálicos que rigen los ciclos de sueño y vigilia, la secreción endocrina y otras funciones.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup>HERMANN E.R. "A biophysical law describing hearing loss" INDUSTRIAL MEDICINE AND SURGERY, Vol 34, March 1965, p.223

<sup>28</sup>CANTRELL, R.W.: "Physiological effects of noise" Otolaryngol. Clin. North Am. 12; 537-549. 1979

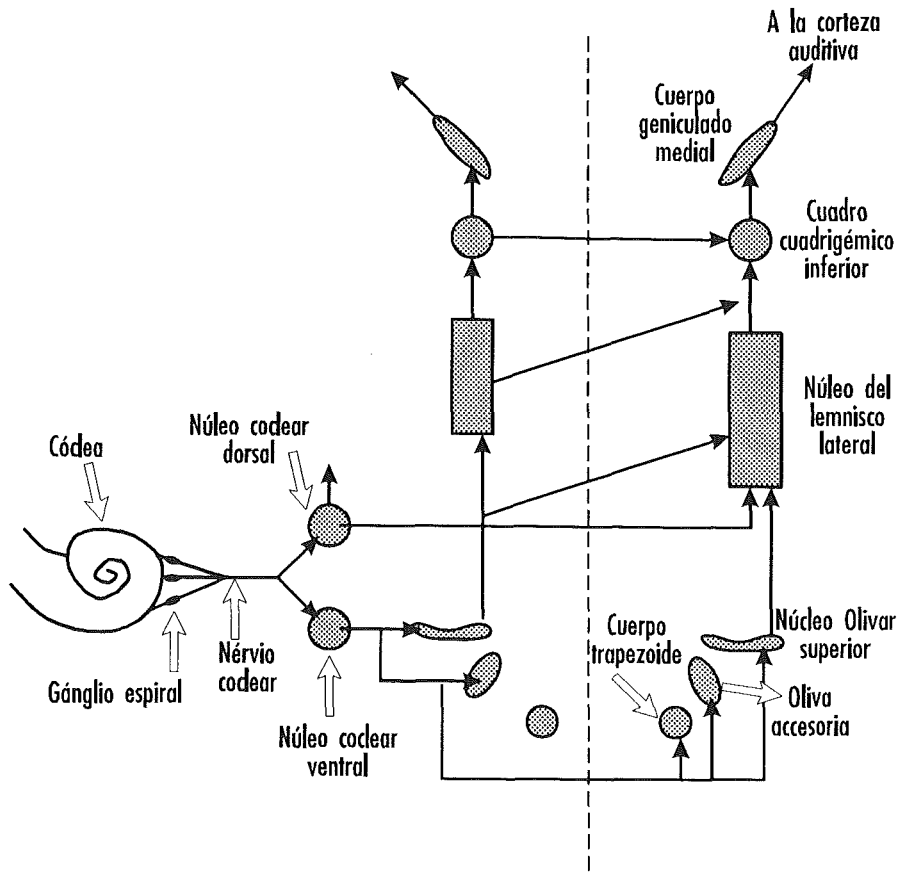


Figura 4.7: Vías sensoriales aferentes de la audición.

Las reacciones de activación de los sistemas nerviosos central y autónomo son efectos fisiológicos observables tras un estímulo auditivo y, en determinados supuestos, pueden ser perjudiciales. Como efectos negativos se han referido en la literatura médica:

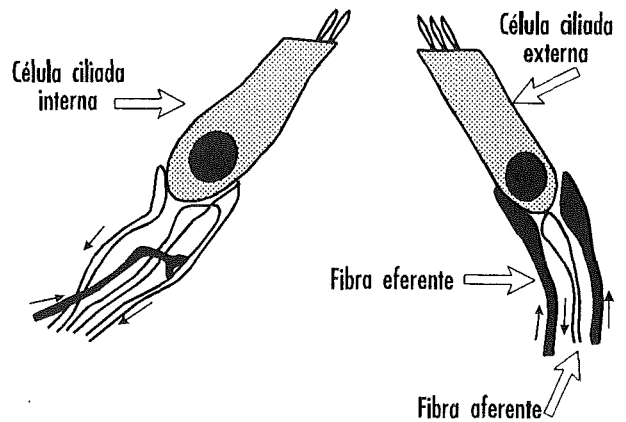


Figura 4.8: Patrón de terminación sináptica

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

---

- 1) El aumento de la actividad mioeléctrica espontánea y la tensión muscular, comprobado por electromiografía.<sup>29</sup>
  
- 2) Una vasoconstricción periférica que, cuando el ruido se repite regularmente, determina una patología cardiovascular.<sup>30</sup>
  
- 3) En las mismas condiciones se han encontrado variaciones de la tensión arterial, anomalías del trazado electrocardiográfico, taquicardia y reducción del volumen sistólico<sup>31</sup> que parecen tener mayor amplitud cuando el sujeto considera el ruido especialmente molesto.<sup>32</sup>
  
- 4) La relación entre exposición a niveles altos de ruido y la respuesta del aparato cardiovascular, se ha puesto de manifiesto valorando la hipertensión arterial, los valores medios de las tensiones arteriales sistólica y diastólica y los electrocardiogramas, habiéndose encontrado<sup>33</sup> tensiones arteriales medias mas altas y mayor frecuencia de individuos hipertensos entre los trabajadores expuestos a niveles de ruido mas altos.

Según A.García (op. cit.) los valores medios de la tensión arterial y el porcentaje de sujetos hipertensos no parecen guardar ninguna relación con el grado de exposición al ruido.

---

<sup>29</sup>COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. "Damage and annoyance caused by noise". Directorate General for Social Affairs. Health Protectorate Directorate. 1975

<sup>30</sup>COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES op. cit.

<sup>31</sup>DE JOY, D.M.: "A report on the status of research on the cardiovascular effects of noise". NOISE CONT. ENG. J.23; 32-39. 1984

<sup>32</sup>DI NISI,J.; MUZET,a., AND WEBER, L.D.: "Cardiovascular responses to noise: effects of selfestimated sensitivity to noise, sex and time the day" J.SOUND.VIB. 114; 271-279. 1987

<sup>33</sup>SINGH,A.P. et al. "Effect of chronic and acute exposure to noise on physiological functions in man". INT.ARCH.OCCUP.ENVIRON.HEALTH 50; 169-174. 1982

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Los niveles medios de glucosa, colesterol y triglicéridos en sangre, así como la proporción de individuos que superan unos límites determinados de estas sustancias, tampoco muestran dicha relación. Sin embargo, al clasificar a los trabajadores según que sus pérdidas auditivas para la frecuencia de 4.000 Hz superen o no los 65 dB, se pone de manifiesto que el grupo con mayor pérdida auditiva muestra valores medios mayores de tensión arterial, mayor proporción de sujetos hipertensos y mayores niveles medios de glucosa, colesterol y triglicéridos en sangre.

5) La exposición súbita e inesperada a un ruido desconocido, puede ocasionar una reacción de sobresalto, que activa diversos aparatos y sistemas, tales como variaciones del ritmo y la amplitud de la respiración, alteraciones gastrointestinales, dilatación de la pupila o aumento de la actividad cutánea<sup>34</sup>, que vuelven al estado normal al cabo de poco tiempo, pero que, de persistir o repetirse con regularidad, pueden generar alteraciones permanentes.<sup>35</sup>

6) También se han descrito<sup>36</sup> efectos del ruido sobre el sistema endocrino, puesta de manifiesto por un aumento del nivel de corticoesteroides en el plasma y por la modificación de los niveles de adrenalina y noradrenalina en sangre y orina.

---

<sup>34</sup>COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES op. cit.

<sup>35</sup>VALLET, M.; OLIVIER, d. Y ALANZET, A.: "La consommation des médicaments et l'exposition au bruit des routes". Proceedings of 8th FASE Symposium on Environmental Acoustics; 225-228. ZARAGOZA 1989

<sup>36</sup>CESANA, G.C. et al.: "Work stress and urinary catecholamines excretion in shift workers exposed to noise". MED.LAV. 73; 94-109. 1982

4.1.7.- Interferencia con la comunicación oral

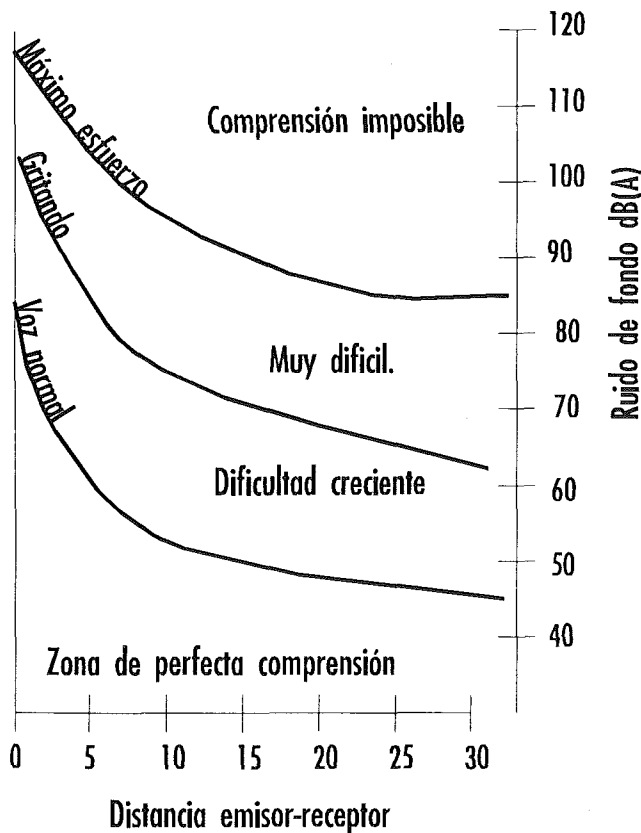


Figura 4.9: Posibilidad de comunicación oral en presencia de ruido en función de la separación emisor-receptor, según Miller

Según Moch <sup>37</sup> entre los distintos factores que intervienen en la correcta percepción de la palabra tienen especial relevancia la claridad de la pronunciación, el mensaje que se transmite, las posiciones relativas de la persona que habla y la que escucha, la calidad del aparato auditivo de éste y el ruido de fondo.

La disminución de la inteligibilidad de la palabra que se observa en presencia de un ruido de fondo ha sido estudiada muy a fondo a nivel acústico, fisiológico y psicológico.<sup>38</sup> Según Leshowitz <sup>39</sup> la calidad de la comunicación oral en relación con la separación emisor-receptor y el nivel del ruido de fondo varía según muestra la figura 4.9.

<sup>37</sup>MOCH A.: "Los efectos nocivos del ruido". Ed. Planeta. Barcelona. 1986

<sup>38</sup>J.D.MILLER, "Effects of Noise on People", J.ACOUST.SOC.AM. 56, 729-764, 1974

<sup>39</sup>BARRY LESHOWITZ, "Noise and People", NOISE CONTROL ENGINEERING, Vol 5, Núm. 2, 1975

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Para evaluar la influencia del ruido de fondo en la comunicación verbal suelen emplearse como indicadores el Índice de Articulación y el Nivel Preferido de Interferencia con la palabra.

El Índice de Articulación (AI) es la fracción del número de palabras transmitidas que comprende un escucha manteniendo el emisor un esfuerzo oral constante. Ha demostrado Cavanaugh et al.<sup>40</sup> que queda comprometida la privacidad de una conversación cuando el AI de un tercero ajeno a quienes conversan alcanza el valor 0,05. Para evaluar acústicamente las oficinas en las que se ubican en el mismo espacio abierto varios trabajadores, se admite como tolerable el valor máximo del AI de un tercero ajeno inferior a 0,20, aproximadamente.<sup>41</sup> Para evaluar el AI se requieren escuchas con buena audición que van anotando las palabras emitidas por un altavoz colocado frente a ellas, enmascaradas por un ruido de fondo constante. En castellano ha elaborado el Laboratorio de Acústica "Leonardo Torres Quevedo" un conjunto de 100 palabras bisílabas, con sentido y equilibradas fonéticamente, ordenadas de modo que cada bloque de 10 de ellas posean el mismo grado de dificultad en su comprensión<sup>42</sup>.

La variación del grado de inteligibilidad en función del nivel sonoro presenta la forma característica de "S" en una persona sin defectos auditivos. Si existe pérdida de audición la curva se desplaza a la derecha, no alcanzándose el valor  $AI = 1$  por mucho que se aumente el nivel sonoro y se reduzca el ruido de fondo.

---

<sup>40</sup>W.J.CAVANAUGH et al., "Speech Privacy in Buildings", J.ACOUST. SOC. AM, 4,34. 1962

<sup>41</sup>A.C.C. WARNOCK, "Studies of Acoustical Parameters in Open-Plan Offices", J.ACOUST.SOC.AM. 1978

<sup>42</sup> DELGADO, C. "Estudio de la transmisión de la palabra en español en función de la banda de frecuencia pasante". Comunicación a la XV Reunión de la Real Sociedad Española de Física y Química.

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

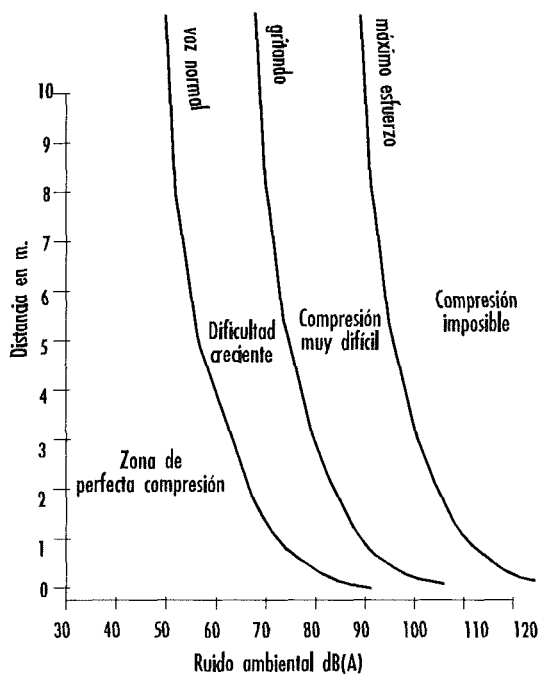


Figura 4.10: Capacidad de comunicación entre dos personas en presencia de ruido de fondo continuo y de banda ancha, según Webster

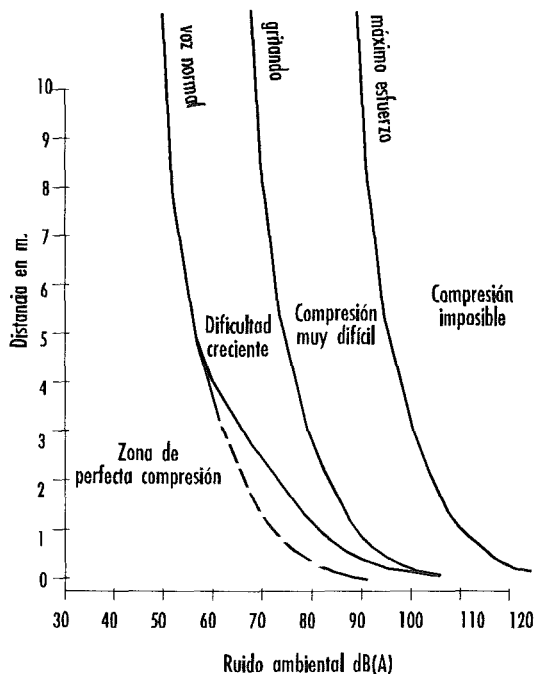


Figura 4.11: Modificación del diagrama anterior cuando la persona que habla se esfuerza en ser comprendida, según Webster

El nivel preferido de interferencia conversacional (PSIL, Preferred Speech Interference Level) se calcula habitualmente promediando los valores obtenidos en dB en el análisis del ruido para las bandas de octava centradas a 500, 1.000 y 2.000 Hz. Puede estimarse, en primera aproximación, si se conoce el nivel de ruido en dB(A) o el NR, substrayendo respectivamente a éste los valores 7 o 4.

Sin embargo la norma ISO TR 3352, incluye también la frecuencia de 4.000 Hz en el promedio, por lo que ha de tenerse cuidado con los valores de este nivel que se encuentran en la literatura, pues según que el autor haya optado por una u otra definición aparecen valores muy discrepantes.

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Webster<sup>43</sup> tabula para niveles de ruido de fondo de naturaleza continua y banda ancha, crecientes, la capacidad de comunicación entre dos personas en función de la distancia y teniendo en cuenta el esfuerzo del que habla, estableciendo las zonas de comprensión que se señalan en la figura 4.10.

Es de destacar que, de manera refleja, a partir de los 55 dB(A) de ruido de fondo, se eleva el nivel de la voz a medida que se eleva el ruido de fondo, estimándose que, para conversaciones banales, se aumentan 3 dB por cada 10 dB de aumento del ruido, sin llegar nunca a gritar. Sin embargo, si el emisor considera que la información que transmite es de importancia, se aumentan 5 dB por cada 10 dB de aumento del ruido, llegando a gritar con ruidos ambientales de 82 dB(A), si el escucha está a mas de metro y medio; de esta forma, según este autor, cuando la persona que habla se esfuerza en ser comprendida el diagrama anterior se modifica, pasando a ser de la forma indicada en la figura 4.11.

La comprensión de la voz en presencia de ruido intermitente ha sido estudiada por Miller y Licklider<sup>44</sup> variando el tiempo de duración del ruido  $t_r$  y del silencio  $t_s$ , la frecuencia de las interrupciones y su cadencia. Si  $t_r = t_s$  se encuentran los resultados de la figura 4.12, en la que se recoge el porcentaje de palabras comprendidas en función de la frecuencia de las interrupciones para diversas relaciones señal/ruido.

Es de destacar que existe una gran diferencia de comprensión con respecto al ruido continuo, habiéndose comprobado que para una relación S/R = -18 dB de ruido continuo es

---

<sup>43</sup>J.C.WEBSTER NELC B 501, Rep, num 67

<sup>44</sup>G.A.MILLER et al. JASA 22, 167. 1950



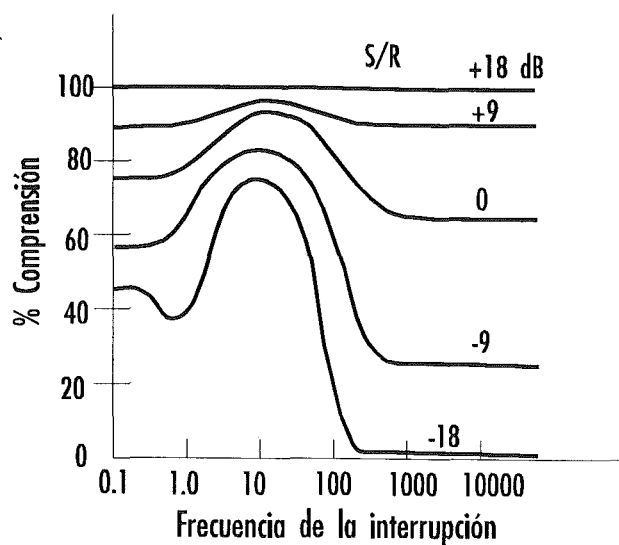


Figura 4.12: Capacidad de comprensión de la palabra en presencia de ruido de fondo intermitente, en función de la frecuencia de interrupción, según Miller et al

nula, mientras que para ruido intermitente se puede llegar a comprender hasta el 75% del mensaje debido a la capacidad del cerebro humano de reconstruir e interpretar la parte del mensaje emitida durante los silencios.

#### • 4.1.8.- Interferencia con el sueño

El sueño es una privación temporal de la consciencia que, en circunstancias normales, es la consecuencia lógica del cansancio físico y psíquico, o simplemente del ritmo biológico normal del cuerpo. El sueño permite el buen funcionamiento del sistema nervioso central y facilita la memorización y la adquisición de conocimientos. Mientras dormimos se produce una especie de ciclo en el que se alternan dos tipos de sueño: por un lado, el sueño lento y profundo (ocupa el 80% de la totalidad del ciclo), y por otro, el sueño paradógico (durante el cual soñamos y en el que la actividad cerebral es muy abundante). Se sabe por experiencia común que el ruido interfiere con el sueño porque lo entorpece y retrasa, en ocasiones lo interrumpe

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

una vez iniciado y en otras perturba su patrón cíclico de cuatro fases "que corresponden a un dormir cada vez mas profundo" <sup>45</sup> y que se caracterizan electroencefalográficamente así:

Fase I.- Trazado de bajo voltaje, relativamente rápido. Ausencia absoluta de actividad fusiforme.

Fase II.-Actividad fusiforme, que aparece sobre un fondo de trazado de bajo voltaje y de actividad rápida.

Fase III.-Fase intermedia, que asocia algunos husos con la aparición de ondas de bajo voltaje.

Fase IV.- (Sueño profundo)-Ondas delta de gran amplitud.

Científicamente la relación ruido ambiente - sueño ha sido investigada ampliamente por fisiólogos e higienistas, así:

Vallet <sup>46</sup> ha estudiado la alteración de los patrones habituales del sueño, registrando la actividad electroencefalográfica (EEG), con electrodos occipitales; la actividad electromiográfica (EMG) en los músculos del mentón y la actividad oculo motora (EOG) medida por la diferencia de potenciales existentes entre córnea y retina; de diversos voluntarios a los que estimulaba con ruidos diversos.

---

<sup>45</sup>J.DELAY y P.PICHOT, "Manual de Psicología", Ed Ed. Toray-Masson, S.A. 4ª edición, pág. 314

<sup>46</sup>VALLET,M.: "Sleep disturbance". En "Transportation Noise" Ed Paul Nelson. Butterworths. London. 1987

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Griefhan y Muzet <sup>47</sup> han estudiado los efectos subsiguientes al sueño mantenido en ambientes ruidosos, observando que aparecen alteraciones psíquicas y funcionales, disminución de la atención y el rendimiento e incluso algunas patologías inducidas.

La posible habituación de las personas al ruido, de manera que las perturbaciones del sueño causadas por el ruido de fondo dejaran de apreciarse al cabo de cierto tiempo, como manifiestan algunos sujetos, parece carecer de fundamento objetivo. <sup>48 49</sup>

Los efectos que, a largo plazo, tiene el ruido que perturba el sueño en la salud de las personas no están aun bien establecidas. <sup>50</sup>

A partir del estado actual de conocimientos en relación con la influencia del ruido en el sueño, cabe sentar las conclusiones siguientes:

1ª) El ruido ambiente entorpece y retrasa la aparición del sueño, alterando su patrón normal, reduciendo las fases IV y REM.

2ª) Asimismo se observan algunos efectos directos, como movimientos corporales súbitos y modificaciones de los ritmos cardíacos y respiratorios.

---

<sup>47</sup>GRIEFHAN, B., y MUZET, A.: "Noise-induced sleep disturbances and their effects on health". J.SOUND VIB. 59; 99-106. 1978

<sup>48</sup>VALLET, M. et al. "Long Term Sleep Disturbances due to traffic noise". J.SOUND VIB. 122; 277-290, 1988\*

<sup>49</sup>GRIEFHAN, B. y GROS, E.: "Noise sleep at home, a field study on primary and after effects. J.SOUND VIB. 105; 373-383, 1986

<sup>50</sup>OHRSTROM, E. y BJORKMAN, M.: "Effects of noise-disturbed sleep. A laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity". J.SOUND. VIB. 122; 277-290, 1988

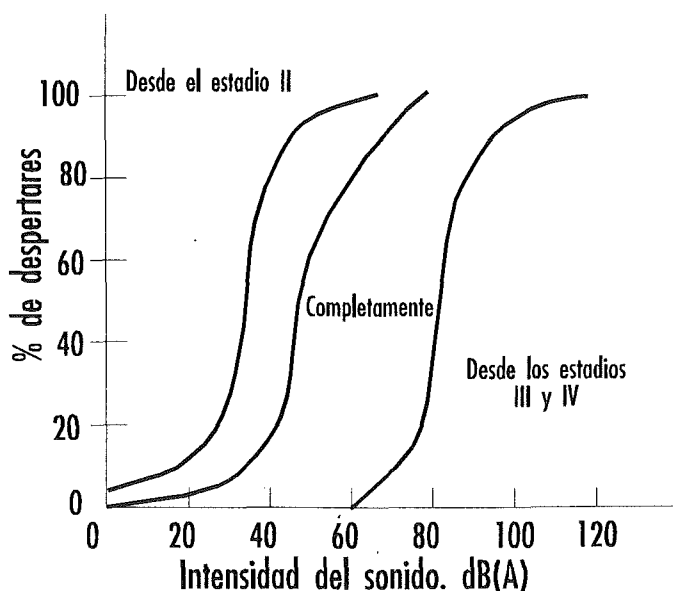
## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

3ª) Como secuela de haber dormido en ambientes ruidosos, aparecen al día siguiente alteraciones del comportamiento que se manifiestan en disminución de reflejos, de la capacidad de concentración y del rendimiento.

4ª) No se ha comprobado objetivamente que exista adaptación del sujeto a la interferencia del sueño por ruidos de fondo.

5ª) El nivel sonoro continuo equivalente en los dormitorios no debe exceder de 35 dB(A) y las puntas sonoras no han de ser superiores a 45 dB(A) para garantizar que el ruido no interfiera con el sueño.

Se dispone de datos muy consistentes, provenientes de numerosos laboratorios, que evidencian la forma en la que el ruido interfiere con el sueño. Como muestra la figura, la magnitud de esta interferencia depende fuertemente, además del nivel del ruido, del estadio del sueño en que se halle el sujeto -I,II,III,IV, REM (rapid eye movement)-



**Figura 4.13:** Incidencia de la intensidad sonora en la interrupción del sueño

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

### • 4.1.9.- Efecto de los ultrasonidos.

Íntimamente asociados con el ruido de algunas máquinas están los ultrasonidos que generan. Según Lanchas et al.<sup>51 52</sup> la exposición a ultrasonidos provenientes de máquinas industriales genera síntomas neurológicos (parestesias, cervicalgia y cefalea); vasculares periféricos (edemas, varices) y otras manifestaciones subjetivas (psicológicos: astenia, nerviosismo y mareo).

Estos investigadores comparando los síntomas de un grupo de 35 trabajadores expuestos a ultrasonidos en sus puestos de trabajo (soldadura de plástico y metal) con otro grupo de control de 52 trabajadores no expuestos laboralmente a ultrasonidos, pero sí con un nivel alto de ruido laboral (almacén y abastecimiento), establecieron como efectos específicos de la exposición a ultrasonidos sobre los síntomas analizados los que aparecen en la tabla siguiente:

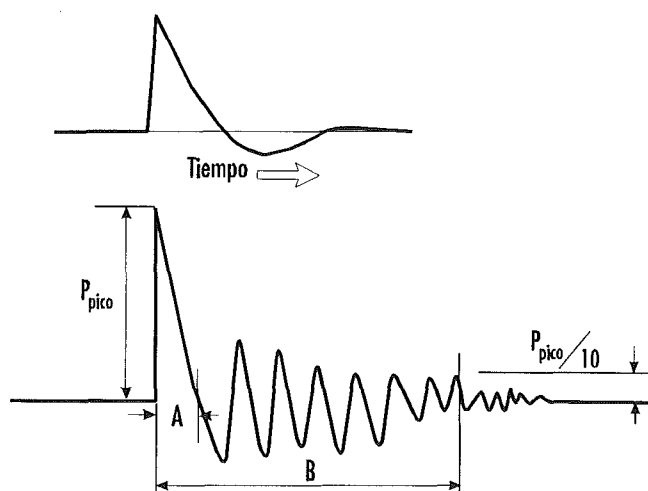
SÍNTOMA	EXPUESTOS	CONTROL
PARESTESIA	51%	11%
CEFALEA	40%	17%
CERVICALGIA	34%	7,6%
EDEMA	28%	4%
ASTENIA	26%	4%
MAREO	17%	2%
NERVIOSISMO	17%	4%
LABILIDAD E.	11%	0%

<sup>51</sup>I.LANCHAS, J.MALDONADO; M.GOMEZ; "Ultrasonidos: riesgos para la salud en la exposición laboral" SALUD Y TRABAJO INSHT 80: 41-45 1990

<sup>52</sup>I.LANCHAS, J.MALDONADO, M.ZIMMERMANN; "Efectos sobre la salud derivados de la exposición a ultrasonidos" SALUD Y TRABAJO INSHT 97:33-34 1993

Como quiera que en ocasiones estos mismos síntomas se presentan como efecto de la exposición al "ruido", parece evidente la necesidad de ampliar la investigación epidemiológica en este campo. En todo caso una correcta normativa protectora debiera tener en cuenta los resultados bien establecidos ya en él.

• **4.1.10.- Ruidos de impulso**



**Figura 4.14:** Formas típicas de la onda de presión de un impulso.

Atendiendo a la forma de generación, se suelen clasificar los ruidos discontinuos en ruidos de impacto y en ruidos de impulso. Los primeros abarcan los producidos por choques de sólidos - por ejemplo el ruido de forja- y los segundos los debidos a la expansión súbita de un gas -por ejemplo el ruido de una explosión-

Se caracterizan los ruidos de impulso por ser de duración corta y presentar una fluctuación grande de presiones en un intervalo de tiempo muy pequeño, que suele responder a uno de los dos patrones que se muestran en la figura 4.14.

Los parámetros principales que los describen son su presión de pico, su duración, el tiempo de crecimiento, el contenido espectral y la frecuencia de repetición.

Es de destacar que se requiere disponer de instrumentación especial para medir estos ruidos, pues la potencia acústica de un impacto se disipa muy rápidamente, impidiendo esta

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

rapidez el uso de sonómetros convencionales. Así, por ejemplo, un sonómetro con tiempo de respuesta lenta (modalidad slow de lectura) almacena la energía que le llega durante 500 milisegundos, después promedia y da una lectura. Sin embargo, en los impactos, toma energía durante muy poco tiempo (menos de 100 milisegundos) y después promedia en los 500. Lógicamente los resultados dan valores muy inferiores a los valores reales. Se ha estimado que cuando se mide en la modalidad de respuesta rápida (fast) las lecturas vienen decrementadas en unos 20 dB. De ahí la regla práctica para calcular el nivel de pico de un impacto que consiste en medir el impulso con el sonómetro en respuesta fast, escala lineal, y sumar 20 dB al valor resultante.

### ● 4.2.- Criterios de prevención de pérdidas de audición por exposición al ruido impulsivo .

La protección de los trabajadores frente a los riesgos de lesión auditiva debida a los ruidos de impulso ha sido estudiada en primer lugar por Coles y Rice <sup>53</sup> quienes, a partir de las observaciones de las pérdidas de audición que experimentaban los marinos de la Armada Real a causa del ruido del disparo de cañones, llegaron a la conclusión de que la frecuencia de repetición mas perjudicial era la de 30 impulsos por minuto, recomendando que no se expusiera al personal a mas de 100 impulsos por año. Casi al mismo tiempo, Forrest <sup>54</sup> propuso limitar los ruidos de impulso fijando el nivel de pico máximo que podían alcanzar en función del producto de su duración B por el número de impulsos. Posteriormente CHABA <sup>55</sup> modificó el criterio de Coles

---

<sup>53</sup>COLES R.R.A. y RICE C.G. "Hazards from impulse noise", Ann. of Occupat. Hygiene, 10 381-388 (1967)

<sup>54</sup>FORREST M.R. "The effects of high intensity impulsivé noise on hearing" M.Sc. Dissertation, University of Southampton (1967)

<sup>55</sup>CHABA (Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics, National Academy of Sciences) "Proposed damage risk criterion for impulse noise gunfire" Report of Working Group 57 (1968)

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

y Rice, quienes a su vez lo extendieron hasta un número de impulsos no superior a 1.000 <sup>56</sup>. Diversos autores <sup>57 58</sup> aplicaron el principio de igual energía al ruido de impactos, proponiendo un método de cálculo del nivel continuo equivalente de manera que también se limitara el nivel de este tipo de ruidos en 90 dB(A). La figura siguiente resume los criterios de riesgo de pérdida de audición para impulsos, propuestos por los autores citados.

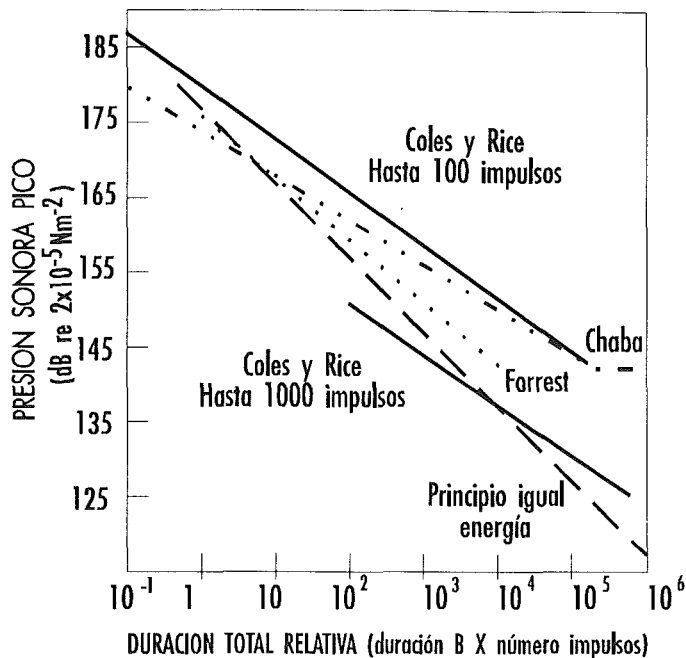


Figura 4.15: Comparación de criterios de riesgo de pérdida de audición para ruido de impulsos

<sup>56</sup>COLES R.R.A. y RICE C.G. "Towards a criterion for impulse noise in industry" Annals of Occup. Hygiene 13, 43-50, (1970)

<sup>57</sup>ATHERDEY G.R. y MARTIN A. "Equivalent Continuous noise level as a measure of injury from impulse noise". Annals of Occup. Hygiene 14, 11-28 (1971)

<sup>58</sup>RICE C.G. y MARTIN A. "Impulse noise damage risk criteria" J.S.V. 28, 359-367, (1973)



● **4.3.- Efectos para la tripulación de la exposición al ruido**

La influencia del ruido en la función auditiva de la tripulación de los buques mercantes ha sido estudiada en profundidad, entre otros<sup>59</sup>, por D. Jegaden<sup>60</sup>, del servicio de Salud de la Gente de Mar de Saint-Malo, Francia; quien llegó a la conclusión, tras estudiar audiométricamente a 222 tripulantes, de que la mayoría de ellos tienen una probabilidad pequeña de alcanzar una sordera profesional marcada, a pesar de los niveles de ruido tan altos que se observan a bordo. No obstante, matiza en sus conclusiones que los maquinistas y el personal que habitualmente desempeña su trabajo, en la sala de máquinas, presenta una pérdida de audición moderada, pero cierta, para las frecuencias agudas centradas en la zona de los 4000 Hz, pérdida de audición que tiene el perfil característico de una sordera profesional. Asimismo, afirma este investigador que los demás tripulantes presentan cierto grado de presbiacusia precoz.

Para evaluar el riesgo auditivo comenzó Jegaden midiendo los niveles de ruido existentes en dos buques muy distintos entre sí, un ferrie y un atunero. Comparando los valores de sus resultados con los que contiene un estudio previo del Bureau Véritas<sup>61</sup>, estima como órdenes de magnitud del nivel de ruido existente a bordo, en la sala de máquinas, entre 95 y 115 dB (A) y en el puente entre 60 y 85 dB (A), habiendo encontrado como resultado de sus medidas directas los niveles que recoge el cuadro siguiente:

---

<sup>59</sup>Así, por ejemplo, J.L. de BARY "Ear troubles at sea" Fawley, New-York, 1960

<sup>60</sup>D. JEGADEN "Bruit a bord des navires: son retentissement sur la fonction auditive des marins de commerce" Arch. mal. prof., 1984, nº 5, 345-349

<sup>61</sup>BUREAU VERITAS "Bruits a bord des navires" Note d'information NI 174-CN3, marzo 1979

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

---

<b>ESPACIO</b>	<b>FERRIE dB(A)</b>	<b>ATUNERO dB(A)</b>
Puente	58	74
Camarotes	62 a 83	68 a 70
Cocina	72	76
Sala máquinas	111	109
Sala grupos electrógenos	108	110

Estos valores muestran que el personal de máquinas trabaja, fundamentalmente, en locales que presentan un riesgo potencial importante para la audición, mientras que los demás miembros de la tripulación están teóricamente fuera de los límites de riesgo de 85 y 90 dB (A) que se suelen fijar como niveles de riesgo por la reglamentación internacional.

Jegaden realizó 246 audiogramas de gentes de mar inscritos en el distrito marítimo de Saint Malo, todos ellos varones, que se ofrecieron espontáneamente a ser examinados durante su revisión anual de aptitud durante el período comprendido entre el 1 de Noviembre de 1982 y el 31 de Enero de 1983.

La audiometrías se realizaron respetando escrupulosamente el protocolo Afnor NF S31-081 (3.3), teniendo en cuenta el ruido ambiente en la sala de audiometría.

El calibrado del audiómetro lo efectuó conforme a la norma Afnor S 30-007 (3.4), tomando como muestra testigo un grupo de 48 alumnos de la Escuela Nacional de la Marina Mercante de Saint Malo, con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años, otológicamente normales y que no habian navegado nunca.

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

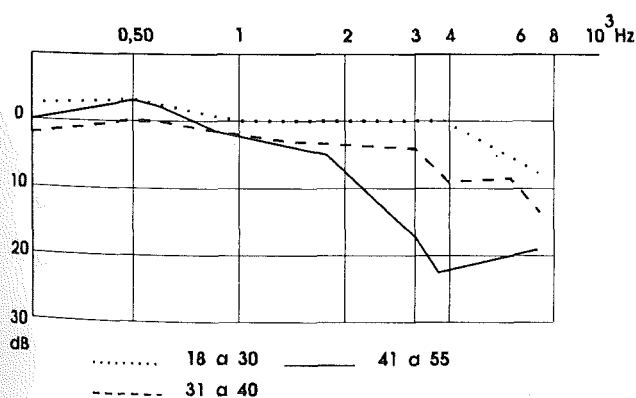
Los 242 marinos examinados estaban en tierra desde hacía al menos 48 horas a contar desde el momento de la revisión, por lo que la fatiga auditiva que pudieran presentar podría considerarse como totalmente eliminada.

Además a cada uno de ellos se le pasó un cuestionario a fin de determinar los antecedentes otológicos y los factores patológicos ORL que pudieran presentar, determinando en especial si presentaban otitis o tímpanos anormales, si estaban en tratamiento con algún fármaco ototóxico, si presentaban traumatismos auditivos o tenían antecedentes familiares de sordera.

El cuestionario se completaba con la historia profesional de cada uno de ellos, a partir de la que se estimaba la duración de la exposición al ruido en los diferentes puntos de trabajo, y con todos estos datos se los clasificaba en dos grupos, personal de máquinas y resto del personal.

Tras rellenar el cuestionario se les sometió a todos a un examen clínico que comprendía

la audiometría de la conversación, examen otoscópico de tímpanos y pruebas de Rime y de Weber de tonometría.

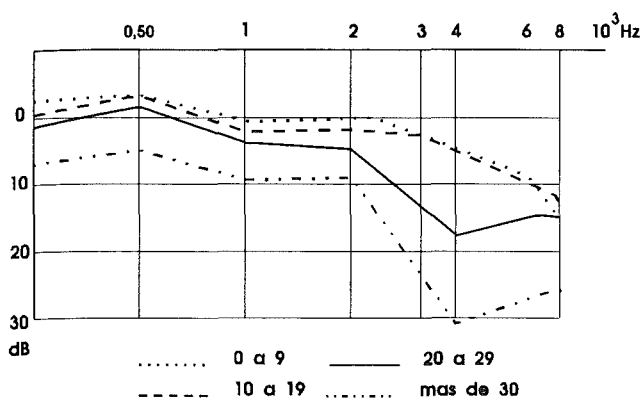


**Figura 4.16:** Pérdida auditiva del personal de máquinas, por grupos de edad.

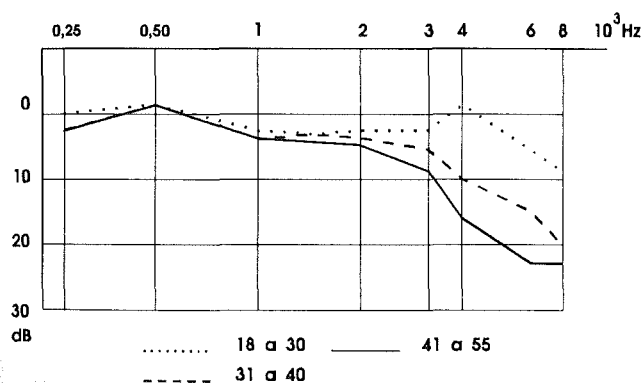
De los 246 sujetos estudiados se eliminaron 24 por distintas causas, y de los 222 restantes, 132 se incluyeron en el grupo de máquinas y los demás en el otro grupo.

Cada uno de estos grupos los clasificó a su vez en dos subgrupos, en razón a la edad

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**



**Figura 4.17:** Pérdida auditiva del personal de máquinas, por grupos de antigüedad laboral



**Figura 4.18:** Pérdida auditiva del resto de la tripulación por grupos de edad.

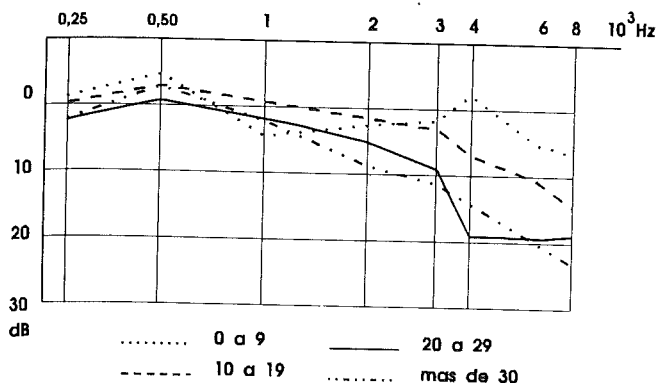
y a la antigüedad en el trabajo; a su vez el primero de ellos lo dividió en tres clases por razón de edad, la clase I englobaba a los tripulantes con edades comprendidas entre 18 y 30 años, clase II de 31 a 40 años y clase III de 41 a 55 años de edad. Por razón de la antigüedad consideró en el grupo A los que acreditaban haber navegado de 0 a 12 años, en la clase B de 10 a 19 años, en la clase C de 20 a 29 años y en clase D los que llevaban navegando más de 30 años.

Para cada sujeto se midieron las pérdidas de audición en ambos oídos indistintamente y conforme al protocolo del INRS, y se determinaron las medianas de las pérdidas auditivas para cada frecuencia estudiada, tomando como tales los valores de la pérdida de audición que presentaban al menos la mitad de los individuos del grupo

considerado, realizándose las comparaciones posteriores entre estas medianas, como es costumbre en Francia en los estudios de las sorderas profesionales.

Los resultados de este estudio aparecen recogidos gráficamente en las figuras 4.16 a 4.19.

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**



**Figura 4.19:** Pérdida auditiva del resto de la tripulación, por grupos de antigüedad laboral

Como se observa en los audiogramas anteriores no aparece ninguna pérdida notable para las frecuencias comprendidas entre 250 y 3000 Hz, frecuencias que corresponden a las frecuencias de comunicación oral. Sin embargo a frecuencias altas, de 3000 a 8000 Hz, se observa una pérdida creciente con la edad y la antigüedad en el trabajo, observándose claramente una pérdida de 30 dB (A) aproximadamente centrada en la frecuencia de 4000 Hz, en total concordancia con los resultados que derivan del estudio audiométrico en sorderas causadas por enfermedad profesional.

La figuras 4.17 y 4.18 recogen las medianas de las pérdidas auditivas para los tres grupos de edad y para los cuatro grupos de antigüedad del resto de la tripulación, es decir el personal que no es de máquinas.

En este grupo se observa una caída progresiva y regular de la audición con la edad y la antigüedad, para frecuencias comprendidas entre los 3000 y los 8000 Hz, sin que se observe una pérdida importante a la frecuencia de 4000 Hz.

Concluye Jegaden que:

- 1.-La agresión crónica del oído interno por el ruido a bordo, provoca en el personal de máquinas una sordera de percepción centrada en la frecuencia de 4000 Hz. El resto del personal no manifiesta sordera de percepción alguna.

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

---

Sin embargo, a pesar del alto nivel de ruido existente en la sala de máquinas, que en muchas ocasiones rebasan los 100 dB (A), las pérdidas auditivas no son muy importantes.

2.-Las frecuencias de comunicación verbal no resultan afectadas en ninguno de los dos grupos. Las pérdidas de audición para frecuencias comprendidas entre 250 y 2000 Hz son similares en ambos grupos y concuerdan para cada clase de edades con los que aparecen en poblaciones urbanas no sometidas a ruidos industriales, publicados por Damongeot <sup>62</sup>. Estos resultados audiométricos han quedado confirmados plenamente por la encuesta efectuada pues, de los 132 sujetos que efectuaron una encuesta adicional, únicamente 17 manifestaron padecer hipoacusia uni o bilateral. De ellos 10 presentaron una pérdida de audición objetivable a las frecuencias de 1000 o 2000 Hz de más de 20 dB (A) en uno o ambos oídos.

Por otra parte la comparación de las pérdidas auditivas del personal de máquinas con el de los trabajadores industriales sometidos a un ruido estable con niveles comprendidos entre 95 y 100 dB (A) <sup>63</sup>, es decir, equivalente al nivel sonoro en la sala de máquinas, prueba que los tripulantes que tienen edades comprendidas entre 45 y 50 años y una antigüedad de 25 años, presentan una clara caída de audición a 4000 Hz, equivalente al de los trabajadores de la industria que padecen ruidos estables de 95 dB (A) y tienen 30 años de edad y 15 de antigüedad.

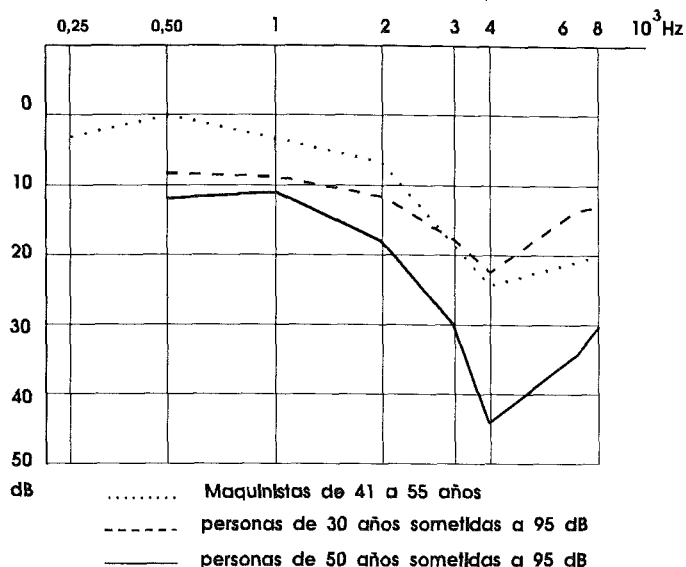
Estos resultados se muestran en la figura 4.20.

---

<sup>62</sup>DAMONGEOT et al. "Enquete audiometrie-sonometrie. Resultats concernant l'audition d'une population urbaine non exposé aux bruits industriels" INRS Rapport n° 337/RE, 1977

<sup>63</sup>DAMONGEOT A. "Audition de travailleurs exposés a des bruits stables de niveaux 95 et 100 dB(A)" INRS Cahiers de notes documentaires, n° 99, 1980

## LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO



**Figura 4.20:** Comparación entre las pérdidas auditivas del personal de máquinas y los trabajadores industriales sometidos a ruidos estables de 95 dB(A).

Esta diferencia notable parece venir justificada en gran parte por la duración de la jornada laboral. Pues, efectivamente:

-De las 8 horas de jornada laboral, los marinos no permanecen más que de 5 a 6 horas sometidos a un nivel de ruido superior a 95 dB (A), permaneciendo las 2 o 3 horas restantes bien en la cámara de control insonorizada (nivel de ruido comprendido entre 70 y 80 dB (A)) o bien en el taller (con niveles de ruido comprendidos entre 80 y 90 dB (A));

-La periodicidad de trabajo en la Marina Mercante Francesa en la que, a cada 3 meses de embarque siguen 2 meses de vacaciones; en el curso de éstas el marino reencuentra un

**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

---

ambiente sonoro menos agresivo, lo que permite la suspensión de la evolución de la sordera, pero sin recuperación total de la integridad auditiva.

-La búsqueda de sujetos susceptibles de ser indemnizados conforme al baremo francés de enfermedades profesionales, que fija la pérdida media en el oído mejor superior a 30 dB (A), calculada por la fórmula

$$\frac{2 \cdot D_{500} + 4 \cdot D_{1000} + 3 \cdot D_{2000} + D_{4000}}{10}$$

solamente ha dado el número de 2, que corresponde al 3,3% de los individuos de la clase de edad III. La edad de retiro juega un papel importante. En Francia está fijada la edad de jubilación para los marinos en 55 años, siempre que acrediten una antigüedad en la profesión de 30 a 35 años. Ahora bien, un estudio realizado por Lafon<sup>64</sup> ha probado que, tras 35 años de trabajo en un ambiente agresivamente ruidoso se constataba una brusca agravación de la pérdida auditiva y que era en aquel momento cuando se sobrepasaba el nivel indemnizable.

2.-El análisis de las pérdidas auditivas del resto del personal es igualmente interesante.

Efectivamente, si se trabaja con las medianas la diferencia entre las medianas de pérdida de audición a 4000 Hz entre las clases III de los grupos de mecánicos y de no mecánicos es estadísticamente significativa.

El estudio sonométrico ha probado que los dos grupos evolucionan durante las 8 horas de jornada laboral, respectivamente desde ambientes sonoros inferiores a 85 dB (A) para los mecánicos. Esto induce a pensar que el umbral de aparición de un escotoma auditivo a 4000

---

<sup>64</sup> LAFON J.C. "Le bruit et la surdit  professionnelle" ARCH. MAL. PROF. 38, 1977



**LA PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS HOMBRES DEL MAR FRENTE  
A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

---

Hz se sitúa a un nivel de ruido comprendido entre 85 y 90 dB (A), y justifica el umbral de alerta a 85 dB (A) y el de peligro a 90 dB (A).

Es más sorprendente observar como los audiogramas de los dos grupos se aproximan para frecuencias comprendidas entre 6000 y 8000 Hz. La caída regularmente progresiva entre 3000 y 6000 Hz para el personal que no está en contacto con la máquina, es de tipo presbiacusia. Se trata para este personal de una socioacusia en el sentido que la define Lafon, es decir una acentuación de los fenómenos de presbiacusia, normalmente observables a partir de los 60 años y que aparecen aquí 20 años antes. Esta socioacusia es debida tanto a un nivel de ruido en torno a 70 dB (A) sufrido durante todo el día a bordo, como a la frecuencia aguda típica de estos ruidos.

● **4.4.- Conclusiones del capítulo**

A los fines de esta Memoria Doctoral, cabe concluir:

1º) Desde el punto de vista de los efectos sobre la audición de la exposición al ruido, no se aprecian méritos para desvincular a los hombres de mar de la protección que el ordenamiento jurídico dispensa a los trabajadores terrestres, pues aunque las pérdidas auditivas del personal de máquinas sean inferiores a las pérdidas medias de los trabajadores industriales, en éstos también se observan pérdidas de audición crecientes con la edad y la antigüedad en la profesión, plenamente compatibles con las sorderas causadas por enfermedad profesional.

2º) Si los efectos físicos de la exposición de las personas al ruido se clasifican en efectos sobre la audición y otros efectos fisiológicos, y se desea disponer de descriptores adecuados para ambos, éstos han de reunir los siguientes requisitos:

a) Los descriptores de los efectos del ruido sobre la audición han de dar cuenta de la pérdida auditiva global y de la afectación a 4.000 Hz; además convendría que contuvieran información atinente a su variación con el tiempo.

b) Los descriptores de los demás efectos fisiológicos del ruido, deberán tener en cuenta las reacciones de activación de los sistemas nerviosos central y autónomo que se observan al someter al individuo a estímulos auditivos.

3º) Las normas reguladoras de la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán incluir limitaciones y criterios para prevenir las lesiones auditivas que deriven de los ruidos de impulso.