

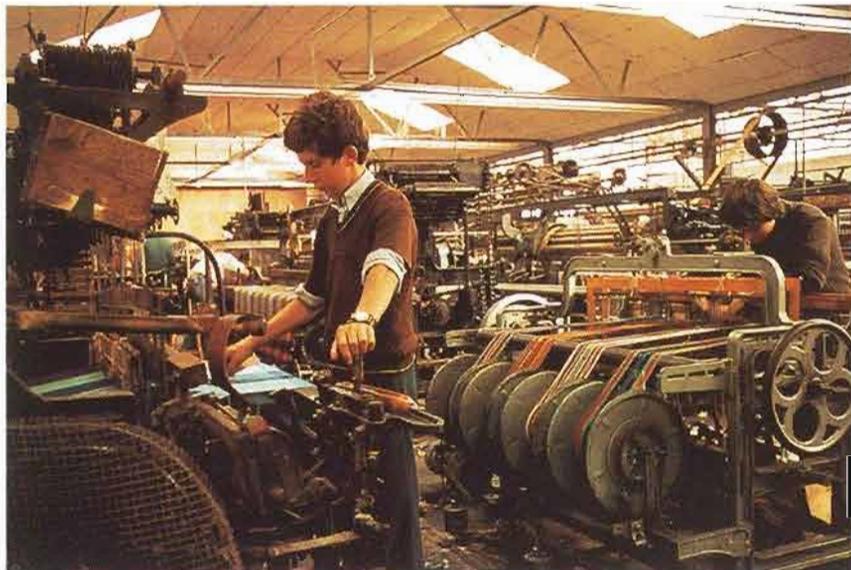
ERGONOMIA

El ambiente sonoro



D. MANUEL RUIZ RIPOLLES

MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo. Dpto. de Prevención.



EXISTEN distintos factores tecnológicos, económicos, de organización e inherentes al hombre, que influyen en su comportamiento y su bienestar en el seno del sistema de trabajo. (1).

El estudio de estos factores, sus efectos y sus relaciones, posibilitan el conocimiento de una situación dada desde el punto de vista de la Ergonomía y suponen la base de actuación, para conseguir unas condiciones de trabajo seguras y saludables, teniendo en cuenta la eficacia tecnológica y económica.

La Norma ISO 6385 expone unas directrices generales, en las cuales se contempla la concepción del entorno de trabajo. Dentro de esta concepción, son considerados los fenómenos objetivamente medibles que pueden darse en el espacio de trabajo, así como las apreciaciones subjetivas del propio trabajador respecto a dichos fenómenos.

El calor, la iluminación, el ruido, etc..., son fenómenos que se hallan presentes simultáneamente en el espacio de trabajo, resultando en cada caso y al tiempo un ambiente térmico, un ambiente lumínico, un ambiente sonoro, etc...

El estudio de los efectos de cada uno de estos aspectos de forma aislada, es casi una necesidad dada la complejidad que supondría considerar el ambiente de trabajo en un sentido amplio de la palabra, es decir, todos los ambientes superpuestos. Pero hay que asumir que se comete un error con esta simplificación, ya que los efectos de los distintos factores puestos en juego están relacionados entre sí de alguna forma, y se requeriría un tratamiento sistemático y, en cualquier caso, globalizador de todos los factores. Existen estudios de efectos combinados cuando actúan varios factores, como el que considera temperaturas efectivas y niveles de ruido simultáneamente, respecto a rendimientos en distintos tipos de trabajo. (2).

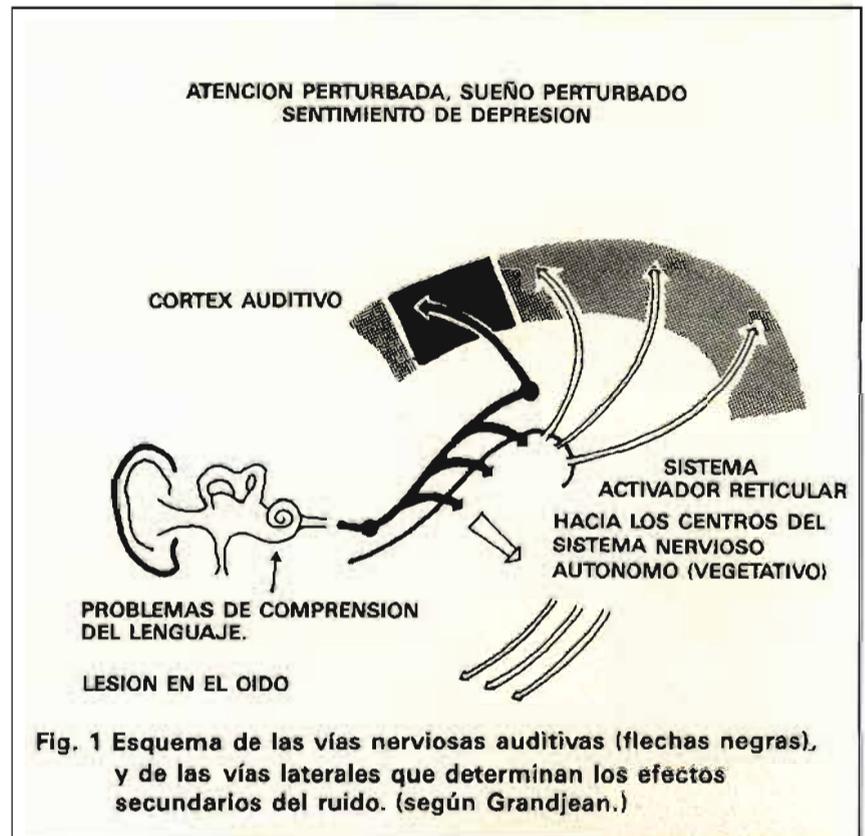
AMBIENTE SONORO

El estudio del ambiente sonoro dentro de la ergonomía, resulta interesante a causa de los distintos matices que hay que considerar. El fenómeno medible en este caso es el sonido.

Desde el punto de vista físico, el sonido es una vibración mecánica transmitida por el aire capaz de ser percibida por el órgano auditivo. Para ello, y considerando individuos normales, se deben dar dos condiciones:

- 1.º Alcanzar una amplitud mínima o umbral.
- 2.º Que su frecuencia se encuentre comprendida entre 20 y 20.000 C/Sg o Hz.

En las industrias no es fácil que se produzcan sonidos puros a frecuencias determinadas, sino una multitud de sonidos simultáneos. Consideremos una máquina en funcionamiento; se producen distintos sonidos por cada uno de sus engranajes y sus distintas piezas en movimiento. Todo ello supone que lo que oímos es un conjunto de sonidos a distintos niveles de presión sonora y en distintas frecuencias. Si, como es normal, la distribución de estos niveles y frecuencias no se ajusta a una ley



predeterminada o armónica, lo que percibimos se denomina ruido.

El ruido está caracterizado por su espectro o distribución de niveles sonoros según la frecuencia.

Otro elemento presente en el ambiente sonoro, son las señales. Estas se caracterizan, además del espectro sonoro, por la información que transmiten. En realidad en una señal, el sonido es el vehículo de una información, que surge normalmente cuando se da una condición predeterminada. Generalmente es importante en la relación hombre-máquina.

También la palabra hablada es un elemento sónico que hay que considerar en ergonomía, por su alto contenido informativo, importante en la relación hombre-hombre.

LA PERCEPCION

El elemento sonoro incide en el oído desencadenando el proceso de percepción: el oído interno actúa de transductor, transformando la señal física (mecánica) en señal fisiológica (nerviosa), la cual se transmite por medio del nervio auditivo al cortex auditivo, donde se produce la integración e interpretación de dichas señales. (Ver figura 1.)



Esta concatenación de fenómenos de distinta naturaleza, implica para su estudio aspectos de Física, Medicina y Psicología entre otras disciplinas. Esta coincidencia es común en el estudio de los distintos factores que constituyen la ergonomía. (Ver cuadro 1.)

EFFECTOS EXTRAUDITIVOS

En la Figura 1, se observa como las vías auditivas del sistema nervioso central no sólo corresponden a las vías directas que unen el oído interno con el centro nervioso de la audición, sino que existen conexiones indirectas con el sistema de activación de la formación reticular y también con otros sistemas como el límbico, neuroendocrino y con el sistema nervioso autónomo. (3).

Ello sugiere que las reacciones al ruido pueden ser similares a las que provocan otros factores de la carga física o la sico-social.

El hecho de que el ruido puede provocar reacciones fisiológicas de «stress», parece ampliamente admitido, pero no ha sido establecido todavía que estas reacciones puedan producir efectos patológicos. (4). (Figura 2.)

Un análisis de 115 publicaciones referentes a los efectos extraauditivos, indica que los más importantes son:

- Modificaciones del sistema car-



dio-vascular: tensión y frecuencias cardíacas.

- Influencia sobre tonicidad muscular.
- Alteraciones del aparato digestivo.
- Alteraciones de la función visual.
- Efectos sobre el metabolismo.

Las diferencias constatadas en las reacciones endocrinas, son debidas probablemente a las diferentes situaciones y a las características de las personas estudiadas, con sus reacciones, sus ritmos circadianos y sus motivaciones particulares. (5).

Ello abre un abanico de posibilidades que complica la medición directa del fenómeno, pero que habrán de ser tenidas en cuenta para la evaluación global de la fatiga.

EFFECTOS AUDITIVOS

Según se desprende de la Figura 1, los efectos auditivos son: lesión del oído y dificultad de la comprensión del lenguaje.

LESION EN EL OIDO. Consecuencia clara de una excesiva exposición al ruido, es la lesión del oído interno, y derivado de ello la pérdida de audición.

El hecho de que el ruido puede provocar reacciones fisiológicas de stress, parece ampliamente admitido, pero no se ha establecido todavía que estas reacciones puedan tener efectos patológicos.

Existen distintos factores tecnológicos, económicos, de organización e inherentes al hombre, que influyen en su comportamiento y su bienestar en el seno del sistema de trabajo.

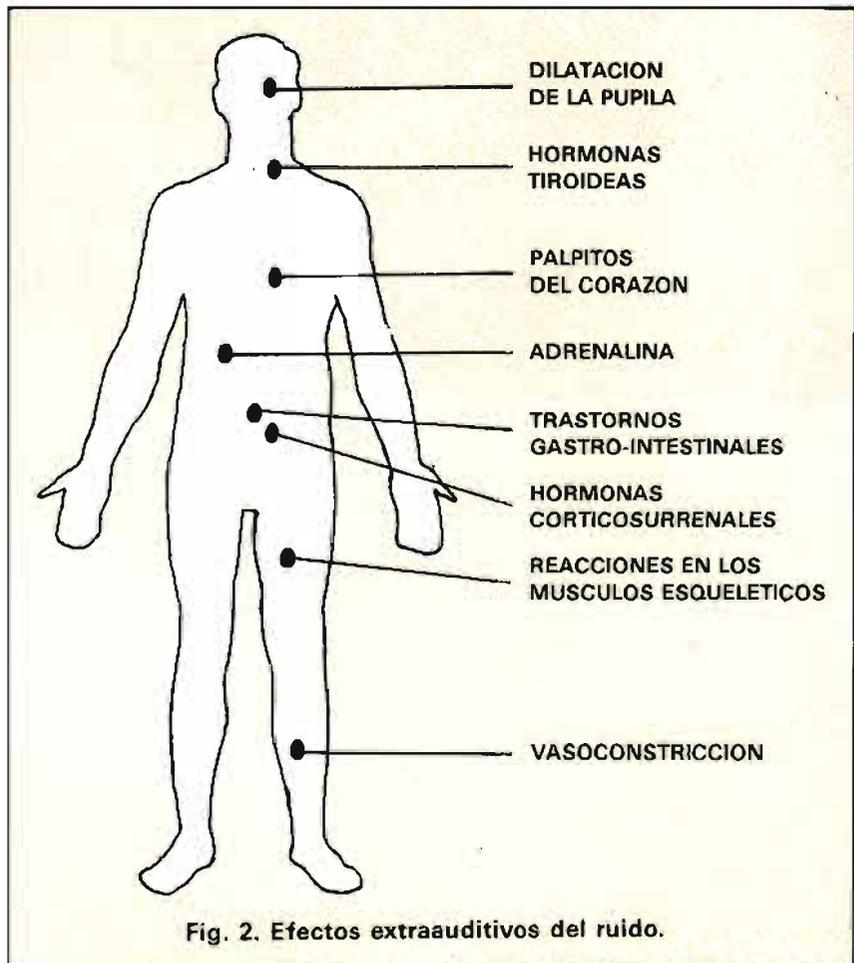


Fig. 2. Efectos extraauditivos del ruido.

Existen innumerables estudios que evidencian esta relación de causalidad, siendo interesante al respecto el trabajo de recopilación efectuado por la AIHA (American Industrial Hygiene Association) que se resume en la Figura 3. En este caso se considera individuo con deficiencia auditiva, aquél que ha desplazado un umbral medio de audición superior a los 15 dB a 500, 1000 y 2000 Hz. Las curvas incrementan su inclinación a partir de los 85 dB. (6).

La Norma ISO 1999, (7), está basada en el estudio de un colectivo de 6.835 personas. Establece la relación entre el nivel de presión sonora, tiempo de exposición, y el porcentaje esperado de personas que sufrirán disminución de su capacidad auditiva.

Valga como anécdota las audiometrías practicadas en una población de 137 dentistas, que presentaban mejor

Es singular el hecho de que un ruido frente a dos trabajos con contenidos distintos, puede ser molesto para el trabajador en un caso y estimulante en otro, perjudicando o mejorando el rendimiento de trabajo según el caso.



umbral de audición, fundamentalmente en la banda de frecuencia de 4000 Hz, en el oído derecho (en los dentistas diestros), que en el oído izquierdo, debido a la utilización en sus funciones profesionales de una fresa a alta velocidad. (8).

La directiva del Consejo de la C.E.E. del 12 de mayo de 1986, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo, considera que «al reducir la exposición al ruido, disminuye, particularmente, el riesgo de pérdidas de audición causados por el mismo».

También, y volviendo a los efectos extraauditivos, señala: «Los conocimientos científicos actuales, relativos

a los efectos de la exposición al ruido sobre la salud, al margen de los efectos sobre el oído, no permiten fijar niveles precisos de seguridad, pero no obstante, la reducción del ruido disminuirá el riesgo de enfermedades no vinculadas a afecciones del oído».

COMPRESION DE LA PALABRA

En un ambiente donde la comprensión de la palabra resulte difícil, es muy probable que existan dificultades que se traducirán en malestar para el trabajador y deterioro del trabajo.

Vimos que la palabra hablada es un elemento sónico con alto contenido informativo, por lo que el proceso de per-

cepción vendrá determinado por los fenómenos acústicos ya mencionados, y por la especial interpretación del mensaje transmitido mediante la palabra. En todo ello influirá:

- La estructura de la palabra desde el punto de vista acústico.
- El ruido de fondo.
- El conocimiento generalizado de los vocablos empleados.
- La forma de construir las frases.

Vemos que existen aspectos puramente acústicos, pero también aspectos culturales. No basta con percibir los tonos puros de la palabra, es necesario comprender el mensaje, y ello exige por parte del oído una capacidad de discriminación muy particular, en la que la inteligencia individual y la familiaridad con la lengua oída tendrá un papel decisivo.

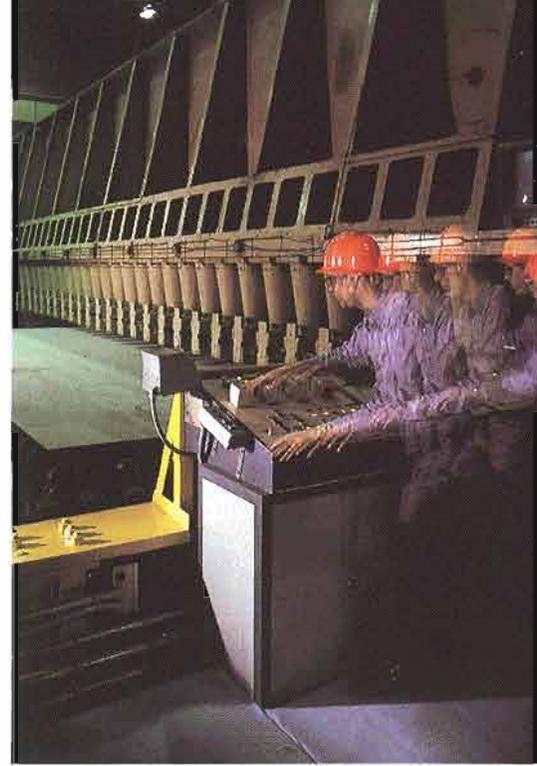
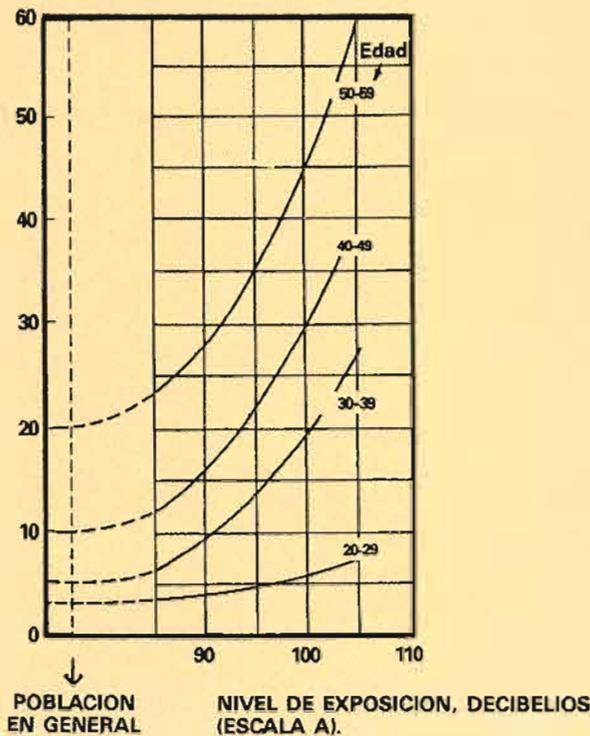
No obstante, existen métodos de evaluación de la inteligibilidad de la palabra, basados en los estudios de Kryter (9), en que se define el Índice de articulación IA. Este intenta valorar de alguna forma la diferencia existente entre un espectro idealizado del habla a 65 dB, y el del ruido existente en el ambiente. En el cálculo se ponderan más las bandas de frecuencia conversacionales, es decir, desde 500 a 4000 Hz. Como es natural, a medida que el IA es mayor, el promedio de comprensión de la palabra crece.

Un concepto muy sencillo para evaluar el ruido en un ambiente con respecto a su efecto en la inteligibilidad verbal, es el de «Nivel de Interferencia Verbal» (10), que se define como la media aritmética del nivel de presión sonora de las bandas, medidas en octavas, cuyo centro de frecuencias son 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. La práctica corriente, considera sólo las bandas de octava 500, 1000 y 2000 Hz, por lo que es importante, al manejar estos datos, conocer con qué criterio han sido tomados puesto que la diferencia supone aproximadamente 5 dB.

Una conversación puede considerarse satisfactoriamente inteligible, cuando al menos se entienden el 95% de las frases expresadas.

En base a estos conceptos, la ISO/TR-3352 contiene una tabla que relaciona el nivel de interferencia verbal y la máxima distancia en las que una conversación normal se considera satisfactoriamente inteligible. En el cuadro 2 se expone un extracto de esta tabla.

Fig. 3. Incidencia de la incapacitación auditiva en por ciento de la población.



El ruido puede alterar la eficacia de un trabajador, disminuyendo su rendimiento, incrementando los errores y los accidentes.

El conocimiento por parte del oyente del lenguaje utilizado, es importante. Por ello es fácil comprender que cada tipo de trabajo tenga su «argot» con palabras determinadas para conceptos muy utilizados.

Está demostrado que es posible comprender un número considerable de frases y su significado sin entender todas las sílabas separadas (11). Según la Figura 4 (parte superior), con un 20% de comprensión de sílabas ($S = 0'2$) es posible entender un porcentaje del 80% de las frases propuestas en una conversación normal ($F = 0'8$).

Si consideramos también el nivel sonoro de la voz (V) de la persona que habla y del ruido de fondo (R) (líneas continuas) en las frecuencias conversacionales (Figura 4 parte inferior), podremos deducir si estamos en un ambiente sonoro en que la conversación normal es satisfactoriamente inteligible.

Las líneas discontinuas representan las diferencias (V - R). La línea discontinua 10 dB se encuentra situada siempre dentro de la zona satisfactoriamente inteligible, por lo que se puede establecer en general, y la experiencia así lo demuestra, que esta diferencia de 10 dB entre el nivel sonoro de la voz en el lugar del oyente y el ruido de fondo

que éste percibe, es suficiente para comprender satisfactoriamente una conversación normal.

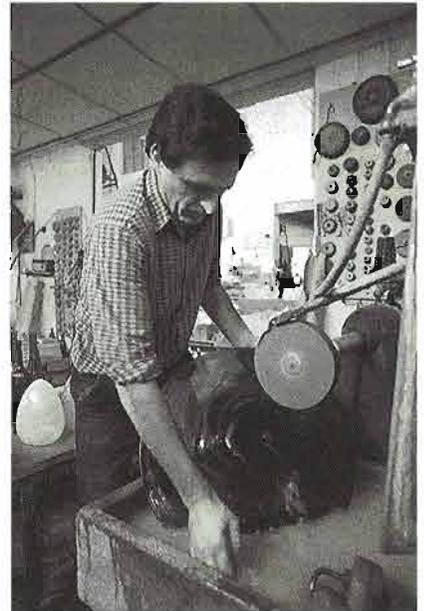
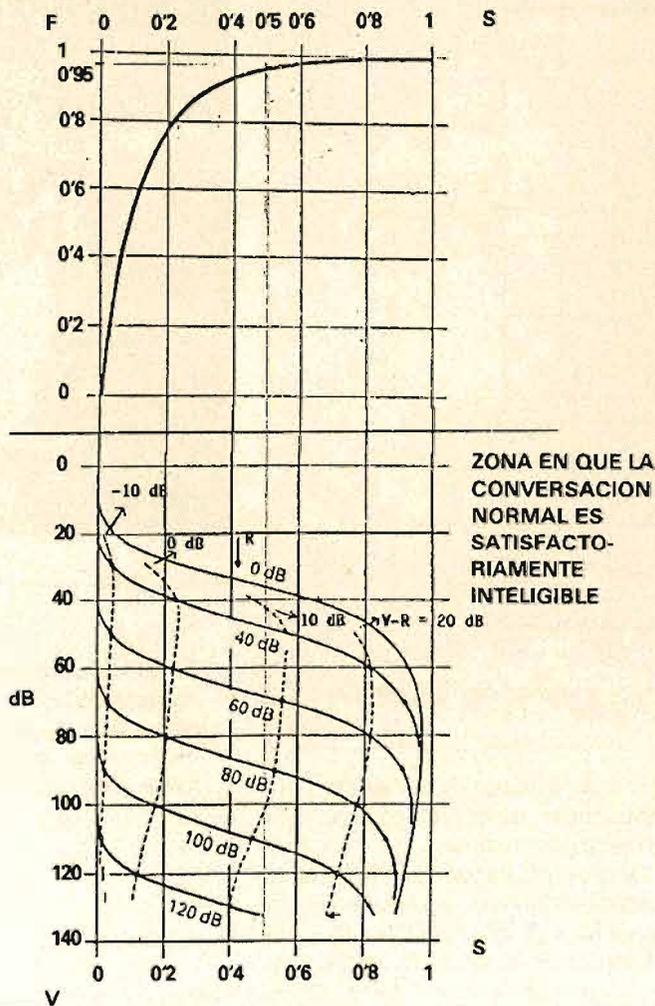
Pero considerando que los niveles sonoros de dicha conversación oscilan desde 60 a 75 dB, para mantener esa diferencia de 10 dB es necesario que

CUADRO 2. DISTANCIAS PARA MANTENER CONVERSACIONES SATISFACTORIAMENTE INTELIGIBLES EN FUNCION DEL NIVEL DE INTERFERENCIA VERBAL

NIVEL DE INTERFERENCIA VERBAL dB	MAXIMA DISTANCIA CONVERSACION NORMAL m	MAXIMA DISTANCIA CONVERSACION EN VOZ ALTA m
35	7'5	15
45	2'3	4'5
60	0'42	0'85

SEGUN ISO / TR 3362 - 1974 (EXTRACTO)

Fig. 4. Cuadro confeccionado según datos de Grandjean y ISO / TR 3352 - 1974.



que a igual intensidad los ruidos más agudos de 1500 Hz son más molestos que los de inferior frecuencia. (13).

Ruidos más graves de 256 Hz también son causa de molestias. (14).

Parece que, según estos datos, la influencia de la frecuencia se concreta en una molestia mínima en el entorno de frecuencias de 200 - 1200 Hz. (15).

En cuanto a niveles sonoros, los ruidos en trabajos manuales, empiezan a ser molestos a partir de los 80 - 90 dB, coincidiendo con los niveles a partir de los cuales pueden ya suponer riesgo.

el ruido de fondo no sobrepase 60 - 65 dB.

Cuando en el contexto de la conversación se utilizan palabras de difícil comprensión, el ruido de fondo no debe exceder de 45 a 50 dB.

Existen aparatos que miden de forma automática el ruido de fondo y la reverberación, obteniéndose datos de ruido de fondo y de la señal que se integran en un índice que va de 0 = mal a 1 = excelente. (12).

CONFORT ACUSTICO

En una encuesta practicada por Nemeck y Grandjean a una gran población de empleados de oficina, una de las preguntas era: ¿Qué tipo de ruidos incomoda más?, la respuesta mayoritariamente más numerosa fue «las conversaciones».

En este caso no era tanto el carácter bullicioso de éstas lo que más molestaba, sino la percepción de su contenido.

Muy probablemente si esta encuesta se hubiera efectuado en otros ámbitos, por ejemplo en una fábrica de montaje, la contestación no hubiera sido la misma.

Esto indica que cada tipo de trabajo tendrá una consideración distinta. Queda pues planteado el problema en ambientes que impliquen contenidos de trabajo distintos.

En la consideración por parte de la persona de si un ruido sin contenido informativo es molesto o no, se tendrá en cuenta diversos aspectos como puede ser, condicionamiento de la persona respecto al ruido, oportunidad de dicho ruido, intermitencia, su carácter inesperado y reverberación.

En todo caso se puede generalizar

EFFECTIVIDAD

El ruido puede alterar la eficacia de un trabajador, disminuyendo su rendimiento e incrementando los errores y los accidentes.

Es singular el hecho de que un ruido frente a dos trabajos con contenidos distintos, puede ser molesto para el trabajador en un caso y estimulante en otro, perjudicando o mejorando el rendimiento de trabajo según el caso.

En un trabajo que requiera concentración en un ambiente bullicioso, con elementos que puedan distraer, es posible mejorar el rendimiento introduciendo un ruido con una intensidad sonora que domine a las demás.

En general, un ruido continuo, si es de banda ancha, puede producir un efecto relacionado con su intensidad. Si es de banda estrecha y frecuencias altas, puede causar irritación y de forma indirecta ineficacia. Esto no está



«Los conocimientos científicos actuales, relativos a los efectos de la exposición al ruido sobre la salud, al margen de los efectos sobre el oído, no permiten fijar niveles precisos de seguridad, pero no obstante, la reducción del ruido disminuirá el riesgo de enfermedades no vinculadas a afecciones del oído».

necesariamente relacionado con su intensidad.

Si el ruido es intermitente y regular, puede tener efectos que difieran poco con los ruidos continuos, pero si son irregulares e inesperados, pueden causar sobresaltos o reacciones de alarma, y desencadenar los efectos extraauditivos ya mencionados.

Este fenómeno parece ser vestigio de las primitivas reacciones a los peligros de la naturaleza salvaje, detectados por el oído humano.

No sobrepasando los niveles aconsejados para prevenir la pérdida auditiva, estos efectos son mínimos salvo que el trabajo requiera alto contenido de concentración.

MUSICA EN EL TRABAJO

Considerando como criterios el confort acústico y la efectividad, la música adecuada para cada ámbito laboral será función de:

- El nivel sonoro existente.
- Nivel de concentración requerido.
- Diversidad o monotonía del trabajo a realizar.
- Tipo de local de trabajo.

Si el ambiente sonoro está constituido por ruidos desagradables y/o por el bullicio de diversas conversaciones simultáneas, éste puede resultar incómodo y perjudicar el normal desarrollo de un trabajo que requiera cierta atención, no sólo por el nivel de ruido existente, sino también por el «contenido de significado» de dicho bullicio.

La música puede enmascarar estos aspectos negativos, pero para ello hay que tener en cuenta que la diferencia entre el nivel de la música y del ruido de fondo debe estar comprendido entre 5 a 10 dB, lo que puede situar el ambiente sonoro en niveles perjudiciales para el oído.

Si el nivel de concentración requerido para ciertos trabajos es alto y no se prescinde de la música, ésta no debe constituir un elemento perturbador, para lo cual debe estar exenta de todo contenido de significado: no debe ser «música cantada» y deben considerarse sus niveles y ritmos de forma que resulte una música suave.

En ciertos trabajos monótonos la música suele ser un estímulo importante y puede tener efectos beneficiosos para la eficacia al mantener la esfera consciente del cortex en estado de vigilancia.

El estudio de ritmos adecuados en la música, es importante en ciertos trabajos; este aspecto es conocido desde la antigüedad, existiendo cantos o músicas al ritmo de marcha.

CONCLUSION

Si coinciden en un espacio distintas personas que realizan tareas que requieren diferentes grados de concentración, y su realización supone la producción de distintos tipos y niveles de ruido, el análisis de ambiente sonoro deberá considerar el conjunto y cada subsistema hombre-trabajo. Es muy probable que la conclusión de dicho estudio aconseje un diseño de distribución de tareas en planta más adecuado al existente.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Norma ISO 6385. *Principes Ergonomiques de la conception des systemes de travail*. (1981).
- (2) HANCOCK, P. A.; PIERCE, J. O. «Combined effects of heat and Noise on Performance.» *American Industrial Hygiene Association Journal*. 46 (10), 555-566, (1986).
- (3) COHEN, A. Extra - Auditory effects of acoustics stimulation. In: D. H. Lee. *Handbook of physiology reactions to environmental agents*. Bethesda. American Psychological Society. (1977).
- (4) DAVID, M. DEJOY. *Noise Control Engineering Journal*. Julio - agosto 1984 y *Cahiers de Notes Documentaires*, n.º 122, 1.º trimestre, pág. 37-44. (1986).
- (5) SIHEIDT, R.; BRUCKNER, C. *Efectos extra-auditivos del ruido. Selección bibliográfica sobre el estado del conocimiento*. (1981).
- (6) *Industrial Noise Manual*. American Industrial Hygiene Association. Detroit. (1966).
- (7) Norma ISO 1899-1975, *Acoustics-Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes*. (1975).
- (8) ZUBICK, H. H.; TOLENTINO, A. T.; J. *American Journal of Public Health*. Vol. 70, n.º 6, pág. 633-635. June (1980).
- (9) KRYTER, K. «Methods for the calculation and use of the articulation index.» *J.A.S.A.* 34 Mo 11, pág. 1968-1697. (1962).
- (10) Technical Report 3352-1974 ISO: *Acoustics-Assessment of noise with respect to its effects on the intelligibility vocal*. (1987).
- (11) GRANDJEAN. *Precis d'Ergonomie les éditions d'organisation*. Paris 1983. *Grt. Verlag AG Thun*. (1979).
- (12) BRUEL and KJAER Monitor. *Una medida rápida de la inteligibilidad vocal*. (1987).
- (13) POLLACK, I. «Loudness as a discriminable aspect of noise.» *Amer. Journ Psychool* 62, 285. (1949).
- (14) LAIRD, D. A. and COYE, K. «Psychological measurements of annoyance as related to pitch and loudness.» *Journ acoust. Soc. Amer. J.* 158. (1929).
- (15) MURREL, L.; K. F. H. *Ergonomics: Man in his working environment*. (1971).