LÍMITES DE EXPOSICIÓN A INFRASONIDOS

" CAHIERS DE NOTES DOCUMENTAIRES – INRS "
Francia

Los ruidos cuyo espectro total se sitúa en la banda de las frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 KHz están considerados como ruidos audibles. Los riesgos para la audición debidos a una exposición cotidiana a dichos ruidos están bien identificados. La medición de los niveles de exposición está normalizada y utiliza la ponderación A con el fin de tener en cuenta la curva de sensibilidad del oído humano.

Cuando el espectro de los ruidos se sitúa parcial o totalmente por debajo de 20 Hz se habla de infrasonidos, y cuando se sitúe por encima de 20 KHz se habla de ultrasonidos. Normalmente se considera que estos ruidos son inaudibles, cuando en realidad la sensibilidad del oído humano se extiende a las gamas exteriores del intervalo de 20 Hz a 20 KHz si los niveles recibidos son lo suficientemente elevados. Los umbrales de sensibilidad varían mucho de un individuo a otro.

Además, los ruidos en general, incluyendo los ultrasonidos y los infrasonidos, pueden sentirse como una transmisión de la energía vibratoria a otros órganos (piel, ojos, músculos, cráneo, etc.). Esta transmisión puede ser directa (contacto de la piel con una fuente de ultrasonidos por ejemplo) o aérea (cuando las vibraciones que van por el aire alcanzan el oído o la piel).

La banda de frecuencia de 20 a 40 Hz representa una zona de transición entre los infrasonidos y los sonidos audibles. De 40 a 100 Hz, están los sonidos audibles de baja frecuencia.

Del mismo modo, la sensibilidad del oído a los sonidos de alta frecuencia (8 a 20 KHz) varía mucho de una persona a otra. Normalmente la agudeza auditiva disminuye con la edad, sobre todo en esta gama de alta frecuencia; a esto se le conoce como presbiacusia.

Los ruidos de la gama infrasonora y los de la ultrasonora se suponen menos peligrosos para la audición, que los ruidos audibles de nivel equivalente. Sin embargo, la existencia de efectos perjudiciales o desagradables para el hombre de estos sonidos es un hecho probado y es necesario saber identificarlos, estimar los niveles de exposición y tomar las medidas adecuadas para disminuir su influencia sobre las personas expuestas.

Al no existir reglamentación sobre la exposición de los trabajadores a estos ruidos casi inaudibles, se proponen recomendaciones sobre los valores límite de exposición.

Existen numerosas fuentes infrasonoras, bien sean naturales o artificiales. Las fuentes naturales son los movimientos violentos del aire, (vientos tempestuosos, hasta 135 dB a 100 km/h), las fluctuaciones bruscas de la presión atmosférica (< 1 Hz a 100 dB), los movimientos del agua (olas oceánicas, < 1 Hz) y las vibraciones del suelo provocadas por las erupciones volcánicas o los temblores de tierra, que conllevan componentes de baja frecuencia que se transmiten al aire.

Los medios de transporte (automóviles, camiones, helicópteros, aviones, barcos, trenes) son fuentes de ruido que desarrollan a menudo componentes vibratorios de baja frecuencia e infrasonidos.

Los pasajeros de un automóvil o de un tren pueden estar sometidos a 120 dB entre las frecuencias de 1 a 20 Hz. Asimismo, para la misma gama de frecuencias en una cabina de helicóptero, los valores rondan de 115 a 150 dB.

En el ambiente industrial, las máquinas giratorias son las principales responsables de las emisiones infrasonoras.

Los ventiladores, bombas, compresores, secadoras, acondicionadores de aire, trituradoras, centrifugadoras, etc. producen a menudo niveles elevados de infrasonidos.

El desarrollo de los molinos eólicos como fuente de energía eléctrica renovable ha suscitado recientemente polémicas sobre la posibilidad de producir infrasonidos peligrosos para la salud. Los pocos datos con que se cuenta muestran que los niveles emitidos son del mismo orden que los de las fuentes naturales (viento).

Las fuentes impulsivas (explosiones, choques) pueden emitir también componentes de alta energía que se sitúan en la parte infrasonora del espectro. Además, existen fuentes emisoras de frecuencias puras no infrasonoras que por interferencia pueden provocar la aparición de infrasonidos.

Se pueden citar también fuentes de infrasonidos menos difundidas como las que sirven para aplicaciones terapéuticas (masajes) o militares (armas no letales). No se han publicado los niveles de estas últimas fuentes.

Como los ruidos audibles, los infrasonidos son ondas sonoras que se propagan a través de un medio elástico fluido (aire) o de los cuerpos sólidos (suelo, estructuras). Su gama de muy baja frecuencia hace que la absorción por los medios atravesados sea bastante débil. Por ejemplo, en el aire, la energía de una onda infrasonora de 10 Hz de frecuencia disminuye solamente del orden de 0,1 dB por kilómetro, mientras que para un sonido de frecuencia audible de 1 KHz, la absorción es del orden de 10 dB por km.

La atenuación debida a la propagación en ondas esféricas (-6 dB al doblar la distancia) se aplica también a los infrasonidos y a menudo representa el único término significativo de disminución de la energía de las ondas infrasonoras con la distancia.

La localización de las fuentes infrasonoras es difícil por la débil absorción: las fuentes pueden estar muy alejadas del lugar en el que se produce la molestia (varios cientos de metros).

Estas características hacen que a menudo sea ilusorio querer protegerse de los infrasonidos por medio de procedimientos clásicos de aislamiento y de absorción acústica. Una reducción del nivel de emisión de la fuente será a menudo la única solución posible para disminuir los niveles de exposición.

Un estudio realizado con personas sordas mostró que había percepción por medios distintos de la audición para niveles lo suficientemente elevados. Este estudio precisó que esta percepción calificada como "vibrotáctil" aparecía en niveles del orden de 124 dB a 4 Hz (contra 107 dB para la audición) o 116 dB a 16 Hz (contra 82 dB para la audición).

Normalmente se utiliza la ponderación A, adaptada a la respuesta del oído, para estimar la exposición sonora a los ruidos audibles. Los sonómetros de clase 1 que utilizan la ponderación A tienen tolerancias de medición definidas en una banda de frecuencias comprendida entre 16 Hz y 16 KHz.

Para los sonidos de baja frecuencia y para los infrasonidos, algunos autores han demostrado que la utilización de la ponderación A para estimar la molestia producida conduce a subestimarla. Otros autores ponen en evidencia que los niveles de malestar se aproximan más a los umbrales de audición en baja que en alta frecuencia.

Por ello se definió una ponderación frecuencial específica para la medición de los infrasonidos, la ponderación G.

Los efectos fisiológicos de los infrasonidos, como los de todos los ruidos, dependen del nivel recibido. Para niveles débiles, en torno al umbral de audición, se han descrito los siguientes síntomas: sensación de fatiga, depresión, estrés, irritación, astenia, dolores de cabeza, trastornos de atención o del equilibrio, y náuseas. Estas reacciones pueden deberse a las vibraciones de ciertos órganos digestivos, cardio-vasculares, respiratorios o de los globos oculares.

En el umbral de audición, las experiencias realizadas con algunas personas sordas y no sordas mostraron que los cambios en el estado de atención se debían a una estimulación coclear.

A niveles más elevados, los síntomas precedentes se amplían y pueden llegar a ser insoportables si la exposición es de larga duración.

En algunos casos, cuando se suprimió la fuente, la sensación de malestar perduró durante algún tiempo. Esto se explica por las modificaciones de la presión arterial o el ritmo cardíaco de las personas que intervinieron en algunos experimentos.

La sensibilidad de cada individuo es muy variable, por lo que las sensaciones de malestar o de desagrado pueden aparecer, en algunas personas muy sensibles, a niveles inferiores a los umbrales de audición.

Algunos autores apuntan a un posible enmascaramiento. Los síntomas debidos a los infrasonidos de bajo nivel se atenúan cuando el sujeto está inmerso en un ruido audible de mayor nivel. Asimismo, algunos autores plantearon una hipótesis de sensibilización a los infrasonidos.

Ante la ausencia de reglamentación nacional o europea sobre los límites de exposición a los infrasonidos, diversas instituciones dan indicaciones sobre los niveles considerados como molestos o peligrosos.

- La ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) recomienda, excepto para los ruidos impulsivos de duración inferior a 2 segundos, que el nivel de cada tercio de octava para las frecuencias de 1 a 80 Hz no sobrepase los 145 dB(Lin), y que el valor total no sobrepase los 150 dB(Lin). No se precisa ninguna indicación sobre la duración de la exposición.

- El New Zealand Occupational Safety and Health Service (NZOSHS) preconiza que el nivel de presión infrasonora sea inferior a 120 dB(Lin), nivel global integrado en la banda de frecuencia de 1 a 16 Hz, para 24 horas de exposición.

- La Danish Environmental Protection Agency (DEPA) recomienda, para los infrasonidos ambientales, que los niveles de exposición de los ciudadanos sean inferiores en 10 dB a los umbrales de audibilidad de los infrasonidos. En este estudio, el umbral de audición se referencia para los sujetos más sensibles en torno a los 95 dB(G). Asimismo recomienda no sobrepasar los 85 dB(G).

- La Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS-Suiza) indica que con los conocimientos actuales, no hay que temer a los infrasonidos mientras su nivel acústico ponderado, calculado para una jornada de trabajo de 8 horas, no sobrepase los 135 dB y cuando el valor máximo se sitúe por debajo de los 150 dB. Las perturbaciones del bienestar se pueden manifestar cuando el nivel medio rebasa los 120 dB.

- La norma ISO 7196:1995 dice que para las frecuencias comprendidas entre 1 y 20 Hz, los sonidos apenas perceptibles por un oyente medio dan niveles de presión acústica próximos a los 100 dB(G). Añade que los niveles inferiores a 90 dB(G) no son generalmente significativos desde el punto de vista de la percepción humana.

- El INRS en 1992 utilizó una publicación de Pimonow para clasificar los niveles de los ruidos de frecuencia inferior a 20 Hz en cuatro zonas distintas. Si Lp es el nivel de ruido integrado sin ponderación para las bandas de frecuencia inferior a 20 Hz, las cuatro zonas son las siguientes:

  - $L_p \leq 120$ dB(Lin): nivel para el que una exposición de algunas decenas de minutos produciría, normalmen-

te, efectos desagradables. Se admite que no se conocen ni las acciones fisiológicas de tales niveles, ni las consecuencias a exposiciones prolongadas.

- ❖ 120 dB(Lin) < Lp ≤ 140 dB(Lin): nivel en el que la aparición de trastornos fisiológicos pasajeros es apreciable, pero la fatiga es soportable para personas en buena condición física, incluso para exposiciones de varias horas.

- ❖ 140 dB(Lin) < Lp ≤ 155 dB(Lin): nivel en el que aparecen trastornos fisiológicos aunque la fatiga es soportable para personas en buena condición física, durante exposiciones cortas (2 minutos).

- ❖ Lp > 180 ó 190 dB(Lin): nivel letal (desgarro de los alveolos pulmonares).

- Los investigadores del "Centralny Instytut Ochrony Pracy (CIOP, Polonia), en una reciente publicación hacen una relación relativamente completa de las diferentes recomendaciones internacionales y de la bibliografía disponible. Esta publicación concluye que es deseable que los niveles de exposición a los infrasonidos no sobrepasen los 102 dB(G) en nivel medio ponderado G integrado en la gama de 2 a 50 Hz, para exposiciones de 8 horas. Para los ruidos impulsivos, en estas gamas de frecuencias infrasonoras, se recomienda un límite de 145 dB(Lin).

Las indicaciones anteriores no son comparables entre sí debido al uso de diferentes ponderaciones, a la diferencia en los límites de las frecuencias o a la distinta duración de la exposición.

Sin embargo, cuando se consideran las medidas en dB(Lin), el INRS, la ACGIH y el NZOSHS dan recomendaciones relativamente similares: las exposiciones de varias horas a valores inferiores a los umbrales de 120 a 150 dB(Lin) no provocarán más que trastornos pasajeros.

Cuando se consideran dB(G), la norma ISO 7196:1995 y la DEPA indican que para valores en torno **a 85 ó 90 dB(G) está el límite de la sensación de malestar**. Para toda la gama de frecuencias de 2 a 50 Hz, el CIOP recomienda un nivel medio máximo de 102 dB(G).

Por lo tanto, el valor máximo de una exposición a ruidos infrasonoros (de 1 a 20 Hz) y de baja frecuencia (de 1 a 100 Hz) continuos durante 8 horas, puede estimarse en el límite del umbral de audición para la mayoría de las personas, es decir 102 dB(G). El valor límite recomendado para los ruidos impulsivos es de 145 dB(Lin).

Para los ruidos continuos, si reducimos la duración de la exposición a la mitad, el valor límite aumenta en 3 dB, tal y como sucede para el ruido audible.

La medición de los infrasonidos debe efectuarse conforme a la norma ISO 7196:1995 que define la ponderación G y da indicaciones sobre las prescripciones generales relativas al aparellaje a emplear. En particular:

- *La respuesta frecuencial del micrófono utilizado debe ser constante o estar definida en el intervalo de las frecuencias que van de 0,25 a 160 Hz.*

- *El resto de los componentes de la medición debe tener una respuesta frecuencial con, al menos, las mismas especificaciones que el micrófono, con una tolerancia de ± 1 dB.*

- *El tiempo de integración deberá ser de 10 segundos para ruidos continuos, y de hasta 1 minuto para los ruidos fluctuantes.*

La medición debe efectuarse en varios puntos del local en el que se sospeche que existan infrasonidos. Será necesario considerar los puntos de medición cercanos a los tabiques, suelos o techos, lugares donde puede darse un antinodo o vientre de presión. Finalmente, se calcula el nivel infrasonoro por adición de los niveles ponderados G de los distintos tercios de octava.

Las medidas de protección contra los infrasonidos son poco eficaces debido a que las ondas se atenúan muy poco mediante los materiales aislantes acústicos clásicos o en su trayecto por el aire. Las propiedades acústicas de los materiales aislantes o absorbentes no están generalmente definidas por debajo de la octava de 125 Hz.

Los equipos de protección individual no están recomendados por debajo de la octava de 63 Hz, y ensayos realizados sobre tapones auditivos han probado su ineficacia para las frecuencias menores de 50 Hz. Además, las otras sensaciones corporales transmitidas por las vibraciones no pueden atenuarse con este tipo de protectores.

Con la **disminución del nivel en la fuente** (cambio de los componentes, aumento de las velocidades de rotación de las máquinas giratorias, etc.), se protegerá más eficazmente que mediante el aislamiento de las personas expuestas.