

# LÍMITES DE EXPOSICIÓN A LOS ULTRASONIDOS

" CAHIERS DE NOTES  
DOCUMENTAIRES "  
Francia

Los sonidos cuyo espectro está fuera de la banda de las frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 KHz se consideran inaudibles.

A pesar de todo, la sensibilidad del oído se extiende a las gamas exteriores de dicho intervalo. Además, puede percibir los ultrasonidos, por otras vías distintas de la auditiva.

El presente artículo trata de precisar la física de la transmisión de los ultrasonidos, la sensibilidad humana a las frecuencias asociadas, los efectos fisiológicos sufridos por exposición a niveles elevados y las medidas de prevención posibles.

Al no existir reglamentación sobre la exposición de los trabajadores, se proponen recomendaciones sobre los valores límite de exposición.

Si se excluyen las fuentes biológicas de débil potencia representadas por los murciélagos, mamíferos marinos, etc., las fuentes ultrasonoras raramente son naturales. Las fuentes artificiales son numerosas, como las aplicaciones industriales o médicas.

Las gamas de potencia son muy amplias pero se pueden distinguir dos tipos de aplicaciones, en función de las potencias emitidas (débil o elevada).

Los ultrasonidos de potencia débil se utilizan para aplicaciones de control, detección o diagnóstico, como por ejemplo:

- Control no destructivo en la industria.
- Ecografía médica.
- Detección de objetos o personas (alarmas, detectores de presencia).

- Acústica submarina (sonares civiles o militares).

Los ultrasonidos de potencia elevada se utilizan para aplicaciones de calentamiento o transformación de materiales:

- Soldadura por ultrasonidos (de materiales plásticos o de metales).
- Mecanización por ultrasonidos (torneo, taladrado, corte...).
- Sonoquímica (extracción, atomización, desgasificación, secado...).
- Limpieza y desengrase de cubas por ultrasonidos.
- Ultrasonidos terapéuticos (destrucción de tumores o cálculos por calentamiento local de los tejidos).

Los ultrasonidos se propagan por los sólidos y los medios fluidos (aire, líquidos), pero su atenuación durante la propagación es mayor que la de los sonidos audibles pues la absorción en los medios atravesados es proporcional a la frecuencia.

En el aire, la absorción de una onda ultrasónica de 30 kHz de frecuencia es de unos 7 dB cada 10 metros recorridos, en comparación con unos 0,7 dB para una onda audible de 4 Hz de frecuencia.

Los ultrasonidos de alta frecuencia (de 100 kHz a 1 GHz) se atenúan muy rápidamente en el aire. Las medidas de aislamiento de las fuentes ultrasónicas son bastante fáciles de adoptar para los campos directos.

Por el contrario, en los líquidos (agua de mar, líquidos fisiológicos), los ultrasonidos se propagan mejor. La absorción no es más que de 4 a 6 dB por kilómetro recorrido en el agua de mar para ondas de frecuencia de 30 KHz.

A estas absorciones conviene añadirles la atenuación debida a la divergencia esférica, como para todas las ondas acústicas que provienen de una fuente próxima y de pequeño tamaño, que disminuye los niveles en 6 dB por cada duplo de la distancia (en campo abierto).

Durante su propagación, los ultrasonidos:

- Se reflejan en los obstáculos que encuentran, como las ondas sonoras.
- Se difractan en los bordes de los obstáculos encontrados.
- Se atenúan fácilmente en las rugosidades de las paredes.

En la industria, estos fenómenos físicos pueden provocar un campo difuso de nivel no desdeñable en la proximidad de una máquina de ultrasonidos.

La transmisión al hombre puede tener lugar por dos vías: transmisión por contacto directo (piel) o transmisión aérea (oídos).

La transmisión directa puede tener lugar por contacto de un emisor con la piel o por inmersión de una parte del cuerpo en un baño excitado por los ultrasonidos. Para estos casos, la energía de los ultrasonidos no se definirá en decibelios sino directamente en vatios por unidad de superficie.

Para los contactos con la piel, los peligros más importantes son evidentemente las quemaduras debidas a los emisores capaces de calentar localmente los materiales plásticos o metálicos (soldadura).

Los contactos por inmersión a menudo tienen lugar durante la limpieza o desengrase por ultrasonidos. Las paredes de la cuba vibran para transmitir los ultrasonidos al líquido, pero los transmiten también por el aire.

Las aplicaciones industriales de los ultrasonidos se conciben de tal forma que los trabajadores no entren en contacto directo con las fuentes emisoras.

Sin embargo, debido a un accidente o a una negligencia, el contacto directo es posible y potencialmente peligroso, vistas las potencias utilizadas en la aplicación de la soldadura, el mecanizado o la limpieza.

Las aplicaciones de diagnóstico médico (ecografía) o industrial (control no destructivo) y los detectores (alarmas) utilizan frecuencias más elevadas (del orden del

megahercio) y potencias mucho más débiles que las aplicaciones industriales o las aplicaciones terapéuticas.

Hoy día no hay evidencia de ningún efecto biológico imputable a tales ultrasonidos, dado que las exposiciones son puntuales y de poca duración para los pacientes.

Cuando la transmisión es puramente aérea, los efectos de los ultrasonidos en el hombre pueden ser de tres clases:

1. A pesar de la atenuación en el aire, los ultrasonidos de alta potencia pueden transmitirse a la piel y después a los tejidos u órganos internos provocando un recalentamiento.
2. Cuando el espectro de los ultrasonidos contiene también componentes de más baja frecuencia y de nivel bajo, se han constatado efectos molestos.
3. Los efectos generales sobre la audición son discutibles ya que estos sonidos de alta frecuencia llegan naturalmente, por vía aérea, al receptor que es el oído.

La exposición a niveles superiores a 145 dB provocaría efectos nocivos agudos en el ser humano debido al recalentamiento de los tejidos.

No obstante, no se han medido nunca tales niveles en el aire cerca de los equipos industriales corrientes.

Los principales efectos de los ultrasonidos emitidos por los aparatos industriales y transmitidos por el aire son los asociados a la recepción de las ondas por el oído.

Se han efectuado numerosos estudios sobre lesiones auditivas y sobre los límites de exposición recomendados por los distintos países.

No existen pruebas de que sólo la exposición a los ultrasonidos de niveles inferiores a 120 dB, a frecuencias superiores a 20 KHz, pueda acarrear pérdidas de audición.

Muchos estudios demuestran sin embargo pérdidas de audición permanentes en trabajadores sometidos durante algunos años a los ultrasonidos.

La presbiacusia natural y las eventuales exposiciones múltiples (ruidos audibles, disolventes), hacen que estas pérdidas de audición sean discutidas.

En la siguiente tabla se muestran los Valores Límite propuestos en Francia para la exposición a ultrasonidos aéreos.

Frecuencia de tercio de octava en KHz	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50
Valores límite en dB (Lin) para 8 horas	75	75	75	75	75	110	110	110	110
<b>Duración de la exposición</b>	<b>Entre 2 y 4 h.</b>			<b>Entre 1 y 2 h.</b>			<b>Menos de 1 hora</b>		
Posible aumento del valor límite	+ 3 dB			+ 6 dB			+ 9 dB		

Un extracto de dichas recomendaciones es:

- Para cada tercio de octava hay que respetar el Valor Límite.
- Los Valores Límite se indican para una exposición de 8 horas a ruidos de alta frecuencia o a ultrasonidos continuos. Para ruidos impulsivos (soldadura), la exposición equivalente se calcula mediante la media temporal.
- Si la exposición laboral es menor de 8 horas, los valores límite pueden determinarse según los principios de energía equivalente recibidos.

*La directividad de las fuentes ultrasónicas puede ser importante.*

*Es aconsejable tomar mediciones en distintos puntos y cambiar la orientación del receptor.*

*El registro de la señal temporal sobre un sistema de adquisición compatible en frecuencia y enlazado a un micrófono-ordenador permite verificar la estabilidad de las emisiones o conocer las secuencias de impulsión en el caso de la soldadura.*

*Las medidas de prevención a utilizar en la fuente son:*

- Elección de aparatos que utilicen frecuencias lo más altas posible, en función de la eficacia de los procesos de fabricación.
- Un buen acople de impedancia entre el emisor y un sonotrodo, con el fin

*de que la energía vibratoria sea emitida hacia la pieza a soldar.*

*Las medidas de prevención por aislamiento más eficaces son el encapsulamiento o encoframiento parcial o completo de las máquinas ruidosas o su aislamiento en un local separado.*

*Los ultrasonidos se atenúan rápidamente mediante paredes, a las frecuencias audibles.*

*Las medidas de alejamiento de los trabajadores de las máquinas de ultrasonidos son igualmente eficaces, ya que los niveles ultrasónicos decrecen bastante rápidamente en el aire.*

*Finalmente, los equipos de protección individual (cascos y tapones) consiguen generalmente un buen aislamiento.*

*Mención aparte merece el caso de la mujer embarazada que trabaja con un aparato generador de ultrasonidos potentes, ya que el feto se encuentra expuesto, lo que podría ser perjudicial durante el último trimestre del embarazo.*

*Un estudio epidemiológico puso en evidencia pérdidas auditivas en niños cuyas madres trabajaban en ambientes ruidosos durante el embarazo.*

*Los estudios indican un ligero aumento del riesgo de prematuridad y de retraso del crecimiento.*

*La Comunidad Europea señala estos peligros eventuales en una comunicación sobre las directrices de aplicación de la Directiva 92/85/CEE concerniente a las mujeres embarazadas.*