

# EL RUIDO EN LOS TRACTORES AGRÍCOLAS

## Parte 1.- La medida del ruido

Primero de una serie de dos artículos técnicos dedicados a analizar el ruido en los tractores agrícolas, un aspecto esencial desde el punto de vista de la ergonomía y de la salud del conductor, lo que ha llevado a la industria a adaptar sus productos, especialmente los motores.

**LUIS MÁRQUEZ**

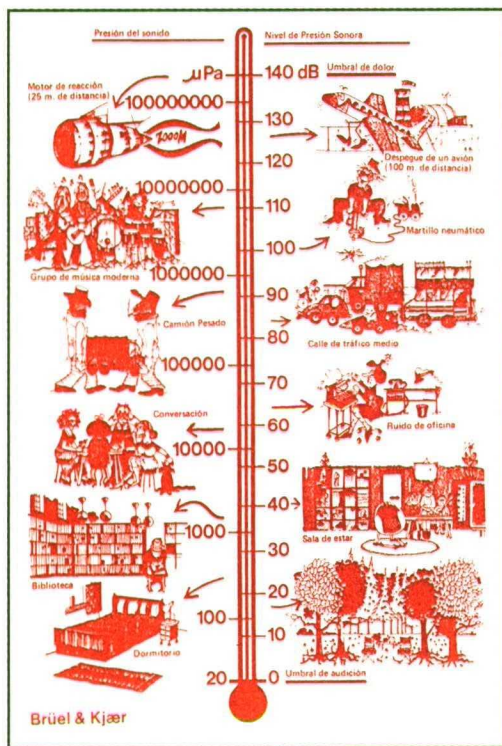
La percepción del sonido permite comunicarse con los demás, recibir una música agradable, sentir el murmullo tranquilo del campo, lo que serían de por sí suficiente para apreciar este don, pero no acaba aquí su utilidad; el sonido alerta en múltiples circunstancias: timbres, sirenas, llamadas, etc., todas ellas imprescindibles para la vida en sociedad, y, además, es

un auxiliar poderoso para el manejo de las máquinas que han hecho posible nuestra civilización: ayuda a detectar sus fallos antes de que los daños puedan ser irreparables.

Pero a pesar de estos efectos beneficiosos, la sociedad moderna contaminada por el sonido, suspira a veces por unos tapones que lo eliminarán, al igual que los párpados cierran los ojos, sin pensar que, entre estos sonidos molestos, pudiera llegar alguno del que dependa incluso



FIGURA 1.- PRESIÓN DEL SONIDO Y EQUIVALENCIA DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA



nuestra vida, o por lo menos la convivencia con los demás.

La molestia de un sonido no alcanza el mismo nivel entre todos los que lo escuchan, incluso a alguno le puede resultar agradable lo que para otro resulta molesto. La música a plena potencia producirá un sonido agradable para el que la elige, pero probablemente no opinarán así los vecinos que quieran dormir o descansar; tampoco opinarán lo mismo sobre el de una moto con escape libre el conductor que la disfruta, que los peatones y vecinos de la calle por la que acaba de pasar. Pero no sólo la fuerza del sonido es la que lo hace desagradable, tan molesto puede resultar para el que quiere conciliar el sueño el paso de un gran camión por la calle, como el goteo continuo de un grifo o el tictac del reloj.

Además, los habitantes de las zonas meridionales de Europa somos mayoritariamente ruidosos. En algunas de nuestras fiestas la diversión consiste en hacer

más ruido que en las del vecino, y esto nos parece normal.

A la vista de esto se llamaría ruido a cualquier sonido no deseable, y su molestia estará en función de la magnitud física de este sonido, pero también influirá, en gran medida, el estado psíquico del sujeto en el momento que lo recibe, lo que habrá que tener presente en su valoración.

El sonido puede causar daños materiales por sí mismo: romper cristales, rajar paredes, etc., pero el daño fundamental está

en el hecho de que afecta también, a partir de unos niveles, al delicado instrumento que sirve para su percepción: el oído humano.

Al ser el sonido una magnitud a la vez física y fisiológica, es difícil medirlo de una manera abstracta con un aparato físico capaz de captar el nivel, o la molestia, que produce en el individuo un determinado sonido.

Hace ya más de 25 años que se publicó la Directiva para la aproximación de la legislación de los Estados miembros de la UE sobre el "nivel sonoro en los oídos de los conductores de los tractores de ruedas", tanto agrícolas como forestales. En ella se establecían unos límites máximos para el nivel de ruido permitido, así como los pro-

cedimientos para realizar la medición.

A pesar de la importancia que el nivel sonoro en el puesto del conductor tiene para la salud de los tractoristas, ha sido uno de los reglamentos que más se ha retrasado su aplicación.

Esto ha sido una consecuencia de las dificultades técnicas que ocasiona bajar el nivel de emisión sonora que llega al puesto de conducción de los tractores agrícolas, especialmente en los pequeños, sobre todo si no disponen de cabina cerrada.

A pesar de ello, las cosas tienden a cambiar y la industria adapta sus productos, en especial los motores integrados en los tractores agrícolas, para cumplir algo que no es superfluo, sino esencial desde el punto de vista de la ergonomía y de la salud del conductor.

## Principios físicos de los fenómenos acústicos

### Variación de la presión de una onda

Las ondas sonoras están en frecuencias entre 20 y 20 000

FIGURA 2.- NIVELES DE PRESIÓN SONORA AUDIBLE PARA DIFERENTES FRECUENCIAS (BRÜEL & KJÆR)

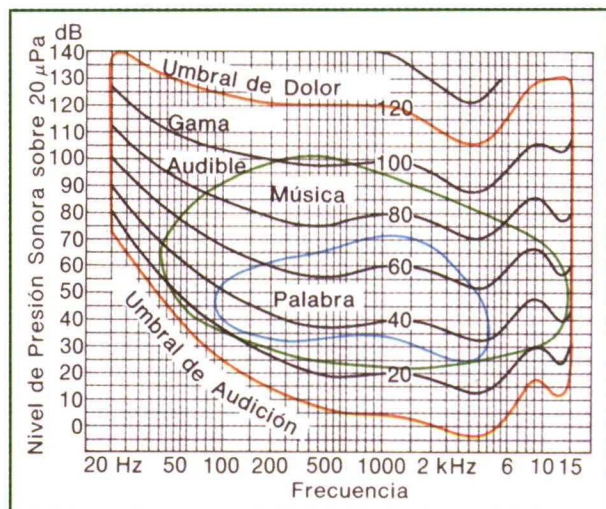
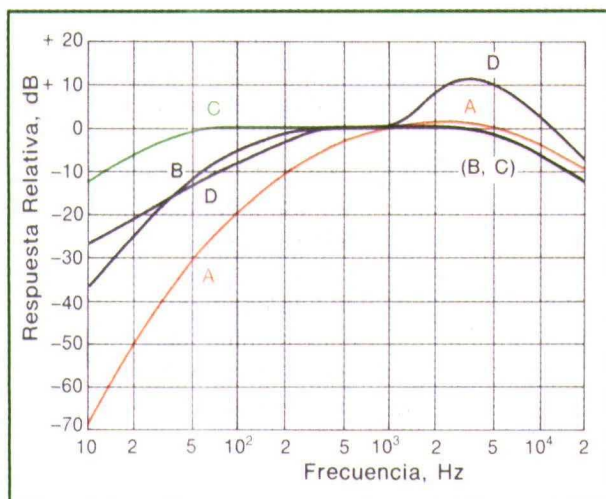


FIGURA 3.- FILTROS DE PONDERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA (BRÜEL & KJAER)



**El sonido es, desde el punto de vista geométrico, una onda, mientras que desde el físico es una onda más la energía que esta onda transporta**

Hz. La presión del aire se eleva sobre la presión atmosférica; este exceso de presión se denomina amplitud de los cambios de presión y es proporcional a la elongación del tímpano.

La presión atmosférica se puede considerar que se sitúa a un nivel de 100 000 pascales, y la variación que produce el sonido más débil que el oído humano puede detectar es de 20 micropascales que es un valor  $5 \times 10^{-9}$  veces inferior a la presión atmosférica normal.

Las amplitudes de la elongación del tímpano, aun para sonidos muy fuertes, son extraordinariamente pequeñas; así la elongación máxima es de  $10^{-3}$  cm para una frecuencia de 1 000 Hz,

mientras que a los sonidos más débiles corresponde una elongación de unos  $10^{-9}$  cm (comparativamente, el diámetro de una molécula es de  $10^{-8}$  cm), por lo que se puede decir que el oído es un órgano extremadamente sensible

### Intensidad y potencia acústica

El sonido es, desde el punto de vista geométrico, una onda, mientras que desde el físico es una onda más la energía que esta onda transporta.

La intensidad 'I' de una onda se define como cantidad media de energía transportada por la onda por unidad de superficie y unidad de tiempo (superficie perpendicular a la dirección de propagación). Más brevemente:

Intensidad [I] = potencia media transportada / unidad de superficie.

Para el caso de una fuente sonora en campo libre (ocupando el centro de una esfera de radio r), la intensidad será:

$$I \text{ [W/m}^2\text{]} = \text{Potencia [W]} / 4 \times \pi \times r^2 = P^2 / \rho \times u$$

siendo:

P = amplitud de los cambios de presión (en Pa = N/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = densidad media del aire (o de otro medio)  
 u = velocidad del sonido

La intensidad para el sonido más fuerte tolerable sería de  $94 \times 10^{-6}$  W/cm<sup>2</sup>, mientras que para el sonido mínimo audible sería de  $10^{-16}$  W/cm<sup>2</sup>

La potencia sonora será, por consiguiente, el producto de la intensidad por el área de la superficie considerada, supuesta uniforme la intensidad en toda ella. La potencia sonora de una persona hablando en tono ordinario de conversación es de  $10^5$  W, y en tono muy alto de  $3 \times 10^2$  W.

Potencia necesaria para saturar una sala con sonido fuerte, considerando como superficie la de una semiesfera de 20 m de radio (área igual a  $25 \times 10^6$  cm<sup>2</sup>), con intensidad de  $10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup>, será:

$$\text{Potencia acústica} = 10^{-4} \times 25 \times 10^6 = 2\,500 \text{ W} = 2.5 \text{ kW}$$

La potencia eléctrica que permitiría conseguir, mediante altavoces, esta potencia acústica será mucho mayor, como consecuencia de la baja eficiencia en la transformación.



