

El problema del ruido en los tractores agrícolas

La contaminación acústica debe minimizarse para aumentar el confort y la seguridad del conductor

El diseño de los tractores agrícolas ha evolucionado notablemente durante los últimos años, incorporando numerosas novedades técnicas, entre ellas, la obtención de un adecuado nivel de seguridad para el conductor.

Javier García-Ramos⁽¹⁾, Constantino Valero⁽²⁾, Jaime Ortiz-Cañavate⁽²⁾. ⁽¹⁾ Ing. agrónomo.

⁽²⁾ Dr. ing. agrónomo. Departamento de Ingeniería Rural. Univ. Politécnica de Madrid.



Fig. 1. Medición de ruido en el oído del conductor.

El usuario de un tractor agrícola trabaja rodeado de una serie de factores ambientales: ruido, vibraciones mecánicas, condiciones climáticas y presencia de partículas y productos químicos suspendidos en el aire. Desde esta perspectiva, una vez alcanzado un nivel de seguridad adecuado, los esfuerzos se deben

Cuadro I. Tiempo máximo que puede estar un trabajador expuesto a distintos niveles de ruido. (Fuente: ref. 1.)

Duración permisible por día	Nivel de sonoridad en decibelios (dB)
8 horas	90
6 horas	92
4 horas	95
3 horas	97
2 horas	100
1 1/2 h	102
1 hora	105
30 minutos	110
15 min o menos	115

Cuadro II. Efectos sobre el oído humano de distintos niveles sonoros. (Fuente: ref. 2.)

Menos de 30 dB(A)	Ningún efecto
Más de 30 dB(A)	Reacciones psíquicas
Más de 65 dB(A)	Reacciones vegetativas
Más de 85 dB(A)	Alteraciones reversibles, incluso irreversibles del oído
120 dB(A)	Daño mecánico en la audición

centrar en alcanzar un nivel de confort óptimo para el conductor. Las mejoras hechas hasta el momento han sido muy importantes. Actualmente, las cabinas de los tractores agrícolas son verdaderos centros de trabajo adaptados a las necesidades del conductor. Sin embargo, se debe seguir evolucionando para aumentar las comodidades del usuario. En este sentido, la contaminación acústica es un campo de trabajo prioritario.

El problema del ruido

Entendemos por ruido cualquier sonido no deseable. Los sonidos se propagan por ondas que ejercen una cierta presión sobre la membrana del tímpano. Los dos parámetros que caracterizan el ruido son la frecuencia y la presión del ruido.

La frecuencia de un ruido es una característica matemática de su onda transmitida por el aire y tiene relación con "lo agudo o grave" que percibimos el sonido. El oído de una persona normal puede captar vibraciones con una frecuencia entre

16 y 20.000 Hz (1 Hz = 1 ciclo/segundo).

La presión sonora es una magnitud que indica el nivel de sonido que recibe el oído. Para medirlo, esta presión se compara con una presión límite de referencia ($p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$) que es la del umbral acústico humano. El nivel de intensidad sonora (L) se mide en decibelios (dB), según una escala logarítmica ($L = 20 \lg p/p_0$), corregido de acuerdo a una escala de ponderación (A,B,C) que tiene en cuenta la diferencia de percepción del oído en función de la frecuencia del sonido que le puede afectar.

La sensación auditiva está sujeta a determinados límites de nivel de intensidad y frecuencia del sonido. Cuando el nivel del sonido sobrepasa ciertos límites se producen daños en el oído. Estos daños varían en función de la susceptibilidad de cada persona, si bien existen criterios que reflejan los niveles permisibles de ruido. Así, en el **cuadro I** se indica el tiempo máximo que podría estar trabajando una persona si estuviera sometida a distintos niveles de ruido.

Se pueden establecer los límites que se muestran en **cuadro II** en lo que respecta al

Cuadro III. Ejemplos de niveles sonoros en el exterior de tractores y motocultores en España. (Fuente: elaboración propia.)

Vehículo	Características	Nivel sonoro (dB A)
Motocultor	98 cc, gasolina 2 tiempos, 58 kg	80 - 82
Motocultor	171 cc, gasolina 4 tiempos, 75 kg	77 - 80
Tractor viñero	1.248 cc, diesel 2 cilindros, sin cabina, peso < 1.500 kg	81 - 88
Tractor pequeño	2.240 cc, diesel 3 cilindros, sin cabina, peso < 1.500 kg	82 - 87
Tractor medio	2.733 cc, diesel 4 cilin. turbo, sin cab., peso 1.500-2.000 kg	81 - 91
Tractor grande	4.500 cc, diesel 4 cilind. turbo, con cab., peso > 4.000 kg	85 - 95

efecto del ruido sobre el sujeto que lo recibe.

Medición y legislación

Existen dos mediciones fundamentales para caracterizar el nivel de ruido de un tractor: medida del ruido transmitido al ambiente y medida del ruido que afecta al conductor. Ambas están reguladas por normativas comunitarias, como veremos más adelante. Para realizar este tipo de medidas se utilizan sonómetros. El sonómetro consta de un micrófono en el que la señal sonora se convierte en otra eléctrica equivalente, registrando el nivel de presión sonora en decibelios "A". En el primer caso, la medida se realiza a distancia de la fuente sonora (motor), ya sea con el tractor parado o en movimiento, emitiendo el máximo ruido. Por otro lado, se determina el nivel de ruido en el oído del operario con el tractor parado y en condiciones de máximo ruido.

La legislación española vigente en materia de exposición laboral al ruido (Real Decreto 1316/1989 de 27 de octubre) establece que en cualquier puesto de trabajo en que se superen los 85 dB(A) se deben proporcionar protectores auditivos a los trabajadores. Para medir el nivel de ruido en el puesto de conducción, se recomienda seguir la Directiva Comunitaria CEE 77/311. Para medir el nivel sonoro del tractor, se recomienda la Directiva 74/151/CEE modificada por la Directiva 88/410/CEE.

El nivel sonoro en el exterior, a diferencia del ruido dentro de la cabina, es un parámetro que se mide desde hace tiempo en los Centros de Ensayo para todos los modelos de tractores comercializados, ya que constituye un requisi-

to indispensable para su homologación. Según la citada normativa 74/151, midiendo a 7,5 metros de la pista por la que se hace circular al tractor, el máximo ruido registrado no deberá sobrepasar 89 dB(A) para tractores con más de 1,5 toneladas, o bien 85 dB(A) para los de menor peso.

En cuanto al ruido registrado en el puesto de conducción del tractor, en la Directiva Comunitaria CEE 77/311 se establecen unas limitaciones del nivel sonoro en los oídos del conductor para bastidores y cabinas abiertas y para cabinas cerradas, que son, respectiva-

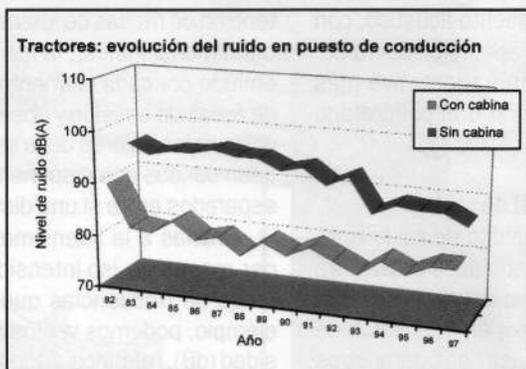


Fig. 2. Nivel de ruido en el oído del conductor en tractores agrícolas ensayados en Japón. (Fuente: ref. 3).



Fig. 3. Ruido transmitido al ambiente por tractores agrícolas en Japón. (Fuente: ref. 3).

mente, 96 y 90 dB(A) trabajando el motor con carga máxima y 92 y 86 dB(A) cuando el ensayo se efectúa sin carga, pero al régimen máximo de funcionamiento del motor. Estos límites son un compromiso dada la dificultad de conseguir un aislamiento suficiente en el puesto de conducción.

Teniendo en cuenta que, en condiciones de trabajo real, el nivel de ruido aumenta en 5 dB(A) con respecto a los valores medidos en el momento del ensayo, es recomendable no autorizar en ningún caso la comercialización de tractores que superen los 92 dB(A) en el ensayo con carga máxima, pretendiéndose alcanzar para el año 2000 un nivel de ruido inferior a 86 dB(A), tanto en ruido ambiental, como en el oído del conductor.

Precisamente en estos días se está perfilando la nueva normativa comunitaria sobre

este tema, que se prevé sea aprobada para octubre de 1999, fijando como límite máximo 86 dB(A) en el puesto de conducción y haciendo obligatoria su medida como requisito para la homologación.

Nivel de ruido en la maquinaria actual

Durante los últimos años se han hecho esfuerzos continuados para reducir el nivel de ruido transmitido por los tractores agrícolas al medio ambiente y al conductor. Sin embargo, muchos equipos comercializados actualmente mantienen sus emisiones sonoras demasiado cercanas a los límites arriba indicados.

A modo de ejemplo, en el **cuadro III** se muestran algunos modelos de la gama de maquinaria para diferentes tamaños de fincas, suministrados por los fabricantes, con sus niveles sonoros en el exterior homologados.

En cuanto al ruido en el oído del conductor, varía en función de las características del tractor. En los tractores con cabina el nivel de ruido desciende con respecto a los tractores sin cabina, como se puede ver en el **fig. 2** que

refleja la evolución del ruido en el oído del conductor en tractores con y sin cabina ensayados en Japón durante los últimos años. Vemos que el nivel de ruido para la media de los tractores con cabina ha descendido desde 89 dB(A) en 1981, a 77-78 dB(A) en la

actualidad, y sin cabina desde 95 dB(A) a 86dB(A). En ambos casos, como puede verse durante el período analizado, ha habido una clara disminución del nivel de ruido registrado.

En el **fig. 3** podemos observar la disminución del ruido transmitido al exterior. La disminución del nivel de ruido transmitido al ambiente ha sido muy importante, lográndose en ocho años una disminución superior al 11% (desde 88 dB(A) a 78 dB(A)). Los tractores de baja cilindrada sin cabina ensayados en España presentan un nivel de ruido ambiente medio de 85 dB(A) y un nivel de ruido en el oído del conductor en torno a 90 dB(A).

Reducción del nivel de ruido

1. Diseño óptimo y materiales adecuados

Actualmente, se está realizando un gran

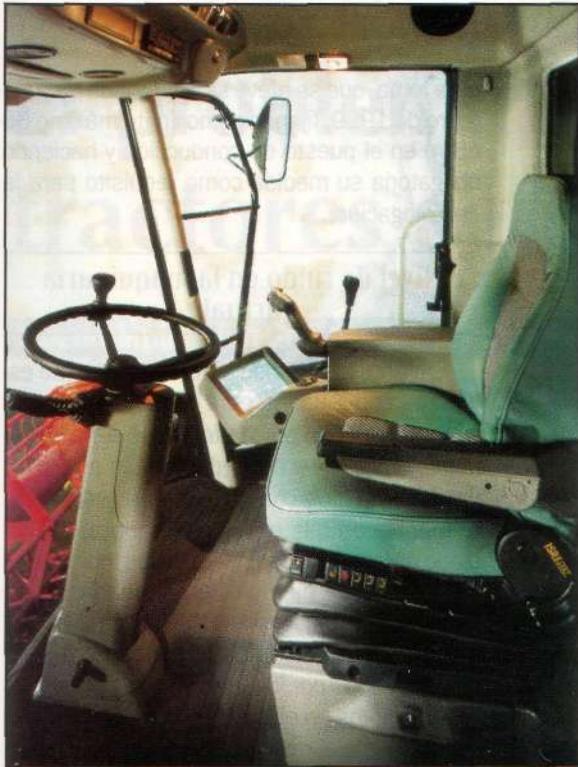


Fig. 4. Interior cabina de cosechadora.

esfuerzo para conseguir tractores y máquinas agrícolas autopropulsadas que produzcan niveles de ruido adecuados para garantizar la salud del conductor. Estos esfuerzos se centran principalmente en la construcción de cabinas que posibiliten un ambiente acústico confortable para el conductor.

El diseño de una cabina debe tener en cuenta tres características físicas relacionadas con el ruido: masa, rigidez y amortiguamiento. La masa produce inercia del material ante la vibración, la rigidez proporciona resistencia al movimiento y el amortiguamiento reduce la resonancia. Estas tres características deben ser combinadas con el objetivo de obtener un buen aislamiento acústico de las fuentes generadoras del ruido (motor, bomba hidráulica, compresor, etc.). Se deben utilizar materiales que posean masa elevada, baja rigidez y elevado amortiguamiento. La disposición y forma de los componentes de la cabina también es un factor a considerar, ya que el aire puede entrar en resonancia al contactar con superficies y perfiles con mala disposición. Este hecho se evita con un diseño apropiado de los elementos de la cabina.

El sonido es transmitido por la estructura resistente de la cabina, pedales, volante, etc. Para evitar la transferencia de ruido al interior de la cabina se utilizan conexiones eléctricas de los controles que puedan ser selladas fácilmente y que tengan una baja rigidez.

Los materiales utilizados deben aislar eficientemente del ruido. Se suele usar po-

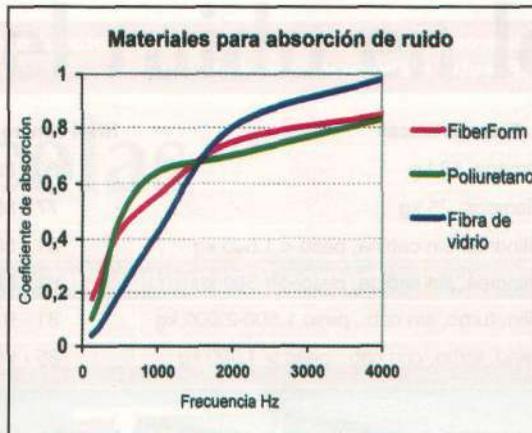


Fig. 5. Tres ejemplos de materiales usados para revestimiento de cabina en maquinaria agrícola. (Fuente: Noisco).

lipropileno, policloruro de vinilo y, principalmente para aislamientos acústicos, poliuretano. Estos materiales tienen baja rigidez, aceptable fuerza estructural, óptima maleabilidad y buenas condiciones estéticas.

Actualmente, existen novedosos materiales aisladores del ruido como la fibra de poliéster Noisco Fiberform, producida por el Centro de Control del Ruido del Reino Unido, que proporciona un óptimo aislamiento acústico, con un elevado coeficiente de absorción del ruido, y puede ser utilizada como alternativa más ecológica a la fibra de vidrio o al poliuretano (fig. 5).

2. Determinación del nivel de ruido

Las medidas de intensidad de ruido realizadas con un sonómetro son suficientes para determinar el efecto dañino del ruido sobre el oído humano. Sin embargo, en la emisión de ruidos por un tractor se deben considerar otros factores además del propio conductor: tolerabilidad del impacto medioambiental producido, evaluación del correcto diseño de los prototipos, especificación concreta de los elementos que mayor ruido producen para proce-

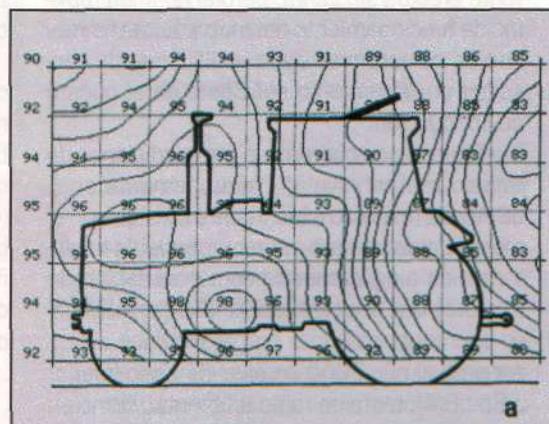


Fig. 6. Mapa de niveles de intensidad acústica elaborado mediante intensimetría (Fuente: ref. 4).

der a su modificación, etc. Para dar solución a estos problemas es necesario tener en cuenta la complejidad del fenómeno del ruido, su formación, propagación y recepción.

En otras palabras, la presión sonora de un ruido no es una magnitud que represente de manera satisfactoria la generación de ruido en una máquina, a pesar de ser el parámetro más usado. Es necesario emplear el concepto de intensidad de un sonido, que combina la información que da el nivel sonoro, con la dirección en la que se propaga el sonido.

Podremos de esta forma responder a cuestiones como ¿de qué parte de la máquina viene el sonido? y ¿hacia dónde se propaga en mayor medida?

Por tanto, se hace necesario la utilización de métodos como la intensimetría que tipifiquen mejor el problema del ruido. La intensimetría se basa en el análisis vectorial del ruido que permite diferentes caracterizaciones: una determinación más precisa del nivel de ruido que la obtenida con medidas de presión, la obtención de mapas de intensidad sonora (uni, bi o tridimensionales), la identificación del ruido emitido por cada elemento y la determinación de áreas de emisión y absorción de ruido. Para obtener los valores de la intensidad sonora se usan sondas que disponen de dos micrófonos separados entre sí una distancia conocida.

Gracias a la intensimetría podemos obtener mapas de iso-intensidad (fig. 6) para el rango de frecuencias que deseemos. Como ejemplo, podemos ver los mapas de iso-intensidad (dB), referidos al lado izquierdo y a la parte superior de un tractor de 65 kW y cuatro cilindros en situación estacionaria con el motor girando a 2.200 r/min. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Ortiz Cañavate, J.; Hernanz, J.L. 1989. Técnica de la mecanización agraria. Ed. Mundi-Prensa Madrid. Cap. 19.
- Márquez, L. Solotractor 90, Revista Laboreo. Madrid. pp. 173-179
- Takahashi, H. 1997. Generality of the official testing system for agricultural machinery in Japan. Club of Bologna, Proceedings. Ed. Unacoma. Vol. 8.
- Bonini, R.; Potecchi, S. L'impiego dell'intensimetría per la caratterizzazione delle sorgenti di rumore nelle macchine agricole. Congreso AIGR, 1986. pp 227-232.
- Green, S. (The Noise Control Centre, UK). In trim for sound control. Revista Industrial Vehicle Technology '98. pp. 24-26.