

Ruido y vibraciones en el sector de la construcción.

Isabel González*, José A. Ballesteros*, Marcos D. Fernández*, Samuel Quintana*

Resumen De los contaminantes presentes en entornos laborales, el ruido es uno de los agentes más comunes, aunque suele pasar más desapercibido que otros. En diferentes trabajos realizados por el grupo de investigación IDEA (Investigación y Desarrollo en Acústica) de la Escuela Politécnica de Cuenca, se han evaluado varias metodologías de medida y análisis de la exposición de ruido y vibraciones en entornos laborales en el sector de la construcción mediante sonómetros, dosímetros, vibrómetros y HATS (head-s). Se han analizado los resultados de los niveles de exposición atendiendo a distintas profesiones y tareas, fundamentalmente en obras de tamaño pequeño y mediano, para comparar los resultados obtenidos con los límites establecidos por la legislación en el Real Decreto 286/2006, en caso de niveles de ruido, y el Real Decreto 1311/2005 para vibraciones y, en caso necesario, poder establecer medidas para proponer soluciones preventivas. También se han realizados estudios de percepción de niveles de ruido para comparar los resultados objetivos con la sensación de riesgo y la evaluación subjetiva de distintos ambientes laborales, aplicando los parámetros típicos empleados en psicoacústica.

*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Comunicaciones. Escuela Politécnica de Cuenca, Campus Universitario s/n, 16071 Cuenca, Spain, Isabel.Gonzalez@uclm.es, josea.ballesteros@uclm.es, Marcos.Fernandez@uclm.es y Samuel.Quintana@uclm.es

Introducción

El ruido es uno de los contaminantes físicos más presentes en cualquier entorno laboral, especialmente en los países desarrollados, donde los modelos de desarrollo social, económico y tecnológico son claves en el incremento de los niveles de ruido. El sector de la construcción es uno de los sectores productivos más ruidosos, particularmente en España, donde se basa en la construcción con cemento.

No se suele tener tanta conciencia de los efectos nocivos del ruido y las vibraciones como de otro tipo de contaminantes, al tratarse normalmente de efectos acumulativos en el tiempo, que van apareciendo de forma lenta y progresiva. Por otro lado, cabe distinguir entre los niveles objetivos de exposición y la percepción de molestia o peligro, de modo que un trabajador puede no percibir niveles de ruido como dañinos, aun estando por encima de los límites impuestos por la legislación. Esto hace del ruido un factor de contaminación más tolerado que otros. Sin embargo, la pérdida de audición causada por exposición a ruido es aún una de las enfermedades laborales más comunes en la Unión Europea. La exposición a elevados niveles de ruido no sólo provoca daños auditivos como son pérdida de audición o tinnitus (acúfenos), también hay evidencias de efectos en la salud causados por niveles medios de ruido como problemas vocales, estrés, afecciones cardiovasculares y neurológicas. En cuanto a las vibraciones, los efectos más comunes están relacionados con mareos, malestar, dolores de espalda, en caso de vibraciones que afecten al cuerpo completo, o pérdida de sensibilidad y síndrome de dedos blancos en vibraciones mano-brazo.

El ruido, además, es uno de los factores que incrementa el riesgo de accidentes en el lugar de trabajo, al interferir en la comunicación. Los trabajadores con protectores auditivos pueden no ser capaces de escuchar las instrucciones verbales o señales acústicas de alarma. Un entorno laboral más silencioso produce un entorno más seguro, con menos accidentes, con mejor rendimiento y menor absentismo.

Los índices básicos de evaluación de la exposición al ruido en entornos laborales se establecen en la directiva europea 2003/10/CE y, a nivel nacional, los marca el Real Decreto 286/2006. Estos índices que se evalúan son el nivel de exposición diaria equivalente LAeq,d y el nivel de pico Lpeak.

Se considera que por debajo de niveles de $LA_{eq,d}=80$ dBA y $L_{peak}=135$ dBC no existe riesgo de pérdida auditiva.

Si se supera este límite inferior y los niveles están entre 80-85 dBA para $LA_{eq,d}$ y/o 135-137 dBC para L_{peak} , se debe fomentar y facilitar el uso de equipos de protección auditiva, informar y formar a los trabajadores, realizar controles audiométricos preventivos cada 5 años, una evaluación de los riesgos y medidas de niveles de ruido cada 3 años como mínimo.

Para niveles que superen el margen superior sin llegar a los valores límite, y por tanto estén entre 85-87 dBA de $LA_{eq,d}$ y 137-140 dBC de L_{peak} , deben adoptarse un programa con medidas técnicas y de organización, haciendo obligatorio el uso de equipos de protección auditiva, realizando una evaluación de riesgos y medición de niveles anual, con audiometrías cada tres años y señalizando las zonas limitando el acceso en la medida de lo posible.

La exposición al ruido está limitada de modo que en ningún caso se podrán superar los valores límite máximos de $LA_{eq,d}=87$ dBA y $L_{peak}=140$ dBC. Para el cálculo de estos valores máximos se considera la atenuación proporcionada por los dispositivos de protección personal.

Si se llega a este límite, deben tomarse medidas inmediatas para reducir la exposición.

Además de estos índices, en los estudios realizados se han medido otros parámetros como son los niveles percentiles L10, L50, L90, L95 y L99, $LA_{Fmáx}$, Dosis de ruido D(%) y espectro de 12,5 Hz a 20kHz (Quintana et al., 2008).

Para evaluar la exposición de trabajadores a vibraciones mecánicas se distinguen dos tipos de vibraciones en función del sistema de transmisión: vibraciones mano-brazo y vibraciones cuerpo completo. Las primeras suelen estar causadas por herramientas eléctricas manuales, rotativas o percutoras, así como la manipulación de volantes y palancas de vehículos y máquinas generadoras de vibraciones, mientras que las segundas se suelen transmitir en el asiento desde el que se maneja el vehículo de transporte o máquinas generadoras de vibración. Esta clasificación también es válida para los efectos causados por las vibraciones: las vibraciones transmitidas mano-brazo pueden causar efectos sobre el sistema vascular, apreciables en primer lugar en la punta de los dedos, dando lugar al conocido como síndrome de Raynaud o de los dedos blancos, afectando al sistema nervioso, que se percibe como pinchazos o entumecimiento; la exposición a vibraciones sobre cuerpo completo puede causar malestar, mareo y, afectar a las zonas de la espalda y estomacal. Los efectos varían dependiendo de la amplitud de la vibración y la frecuencia, causando

interferencia con la respiración (1-4 Hz), dolor de espalda (10-12 Hz), tensión muscular, dificultades en el habla (10-20Hz), afección a la capacidad visual, de lectura o motora.

El Real Decreto 1311/2005 de 4 de noviembre sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a vibraciones establece como parámetro de medida el valor de aceleración normalizada a 8 horas A(8), e indica límites diferentes para el caso de vibraciones cuerpo completo o mano-brazo. Para el caso de vibraciones mano-brazo se establece un valor límite de exposición diaria de 5 m/s² y en valor que da lugar a la acción en 2.5 m/s². En cuanto a las vibraciones cuerpo completo, el valor límite que no debe superarse es de 1,15 m/s² y el valor que da lugar a una acción es de 0,5 m/s². También difiere el margen de frecuencias en cada caso: el rango de evaluación para vibraciones mano-brazo es de 5 a 1.250 Hz y para vibraciones de cuerpo completo se reduce el rango de 1 a 80 Hz.

Para calcular el valor de exposición a vibraciones A(8) se debe realizar medidas en cada uno de los ejes ortogonales (x,y,z) y ponderar el resultado en función de la percepción del ser humano a la vibración en cada uno de los ejes. Para realizar las medidas se empleó un vibrómetro portátil con acelerómetros triaxiales colocados empleando los adaptadores necesarios. La metodología de medida ha tomado como referencia la normativa internacional ISO 5349-1:2001 para el caso de vibraciones mano-brazo y la ISO 2631-1:1997, recomendadas en el RD 1311/2005. En ambos casos el tiempo de medida debe garantizar la representatividad de la medida, cubriendo más de un ciclo de trabajo en caso de la señal de vibraciones tenga carácter cíclico. Para poder comparar los valores obtenidos la exposición diaria a vibraciones se expresa en términos de energía equivalente 8 horas, A(8).

Exposición a ruido en el sector de la construcción

Se han realizado varias campañas de medida de niveles de exposición al ruido en distintas tipologías de obras de tamaño pequeño y mediano, que incluyen la edificación de bloques de pisos, viviendas unifamiliares y almacenes.

Se emplearon distintas metodologías con el objeto de comparar los resultados obtenidos, empleando simultáneamente sonómetros (en el puesto de trabajo o dosímetros). Todas las medidas se realizaron conforme

a la ISO 1999:1990 e ISO 9612:1997 y según lo marcado por el RD 286/2006. Considerando las fuentes de ruido y la estabilidad de los niveles a medir, se resolvió emplear tiempos de medida de dos horas (Quintana et al., 2008).

Después de estudiar los niveles de ruido de 40 trabajadores de distintas profesiones en obras de tipo mediano-pequeño se observa que existen niveles altos de ruido en cualquiera de los ambientes, con ratios de un 60%-70% de trabajadores expuestos a dosis de ruido superiores al 100%.

El 67,5% de los trabajadores superan el nivel LAeq,d de 80dBA, con lo que se encuentran en un ambiente nocivo desde el punto de vista acústico. Además, el 50% de ellos supera 85dBA, tal como se ve en la figura 1. (Fernández et al., 2009a).

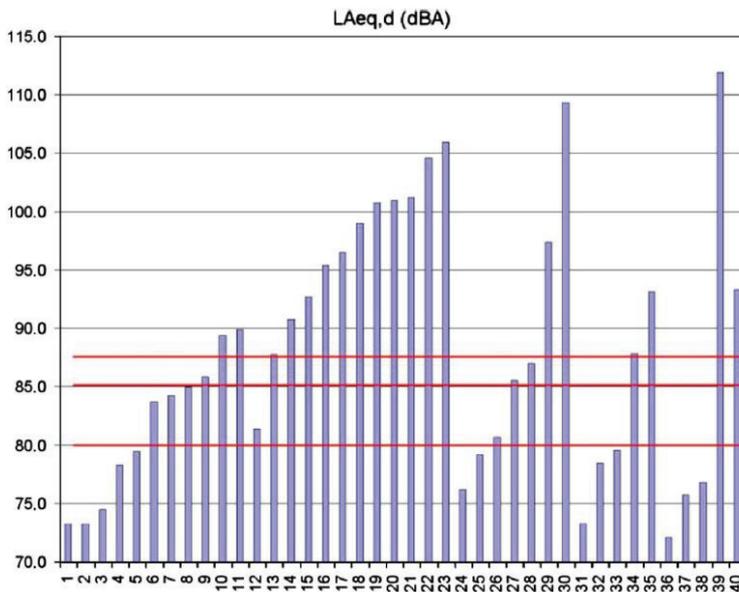


Figura 1. LAeq,d trabajadores sector construcción.

A pesar de estos valores de exposición tan elevados, lo que indica que en la mayoría de los casos deberían tomarse acciones inmediatas de prevención y reducción de exposición al ruido, además de obligar al uso de dispositivos de protección auditiva, la mayoría de trabajadores no utilizaba estos equipos de protección (aun cuando se les eran facilitados), lo que pone de manifiesto varios problemas, además del elevado grado de exposición a altos niveles de ruido: la escasa concienciación de los efectos del ruido por parte de los trabajadores y la falta de cumplimiento de lo

establecido en el RD286/2006 tanto en la persistencia en observar el uso obligatorio de estos dispositivos, como en la toma de medidas para la reducción y prevención de ruido al superar los niveles superiores establecidos.

Los trabajadores con niveles de exposición diaria menores a 85 dBA no suelen usar maquinaria en su trabajo diario, mientras que la práctica totalidad de los trabajadores con niveles por encima de 90 dBA deben usar maquinaria de forma continuada para desempeñar su trabajo en la obra. Atendiendo a esta clasificación de trabajadores, encontramos una clara diferencia en las componentes espectrales del ruido, destacando que el espectro de ruido de los trabajadores que emplean maquinaria muestra más contribución a alta frecuencia (ver figura 2). (Fernández et al., 2010b).

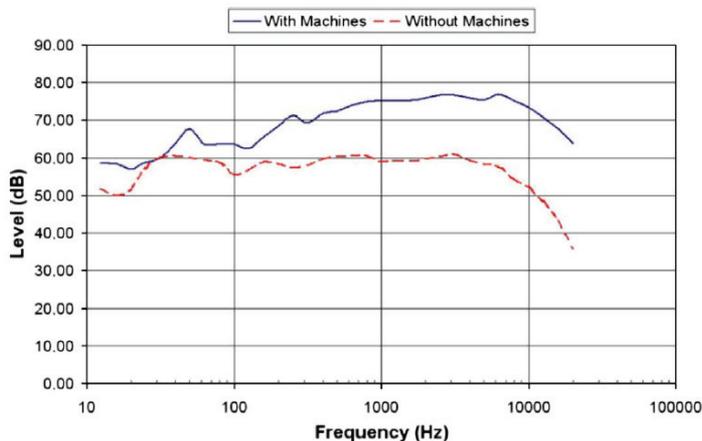


Figura 2. Espectros promedio de ruido en trabajadores con y sin máquinas.

La información espectral es especialmente útil para una adecuada elección de protectores auditivos individuales, pues en función de la tarea del trabajador se deberán elegir equipos con más atenuación en ciertas bandas de frecuencia.

El nivel promedio de los trabajadores que deben usar maquinaria es muy elevado, de $LA_{eq,d} = 96,7$ dBA, mientras que el promedio para los trabajadores que apenas usan maquinaria en su trabajo es de 83,3 dBA.

Exposición a vibraciones mecánicas en el sector de la construcción

Se presentan los datos de medidas realizadas en distintos trabajadores no según el oficio desempeñado sino en función del tipo de maquinaria, ya que es el uso de la misma maquinaria lo que iguala la exposición a las vibraciones. Así pues, se ha agrupado la maquinaria en amoladoras grandes, amoladoras pequeñas, taladros, martillos percutores y maquinaria pesada.

Como ejemplo se muestran los resultados para amoladoras grandes, amoladoras pequeñas, martillos percutores y maquinaria grande. De las máquinas generadores de vibraciones mano-brazo se observó que la mayoría de amoladoras grandes (figura 3) superarían los valores límite de vibración de ser usadas durante una jornada laboral de 8 horas, pero dado que su uso normal se reduce a un total de dos o tres horas diarias, dado su uso para tareas puntuales de corta duración, no se superan los valores límite establecidos en el RD 1311/2005. (Fernández et al., 2010c).

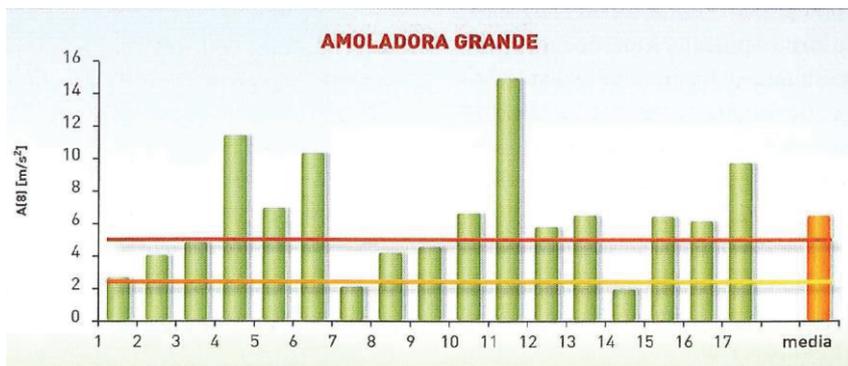


Figura 3. Valores A(8) en amoladoras grandes.

Este comentario es extrapolable a las amoladoras pequeñas (figura 4), donde sólo se superarían los niveles que dan lugar una acción si la exposición fuera de 8 horas diarias, pero no se superan en las condiciones normales de uso. (Fernández et al., 2010c).



Figura 4. Valores A(8) en amoladoras pequeñas.

De nuevo se superan los niveles de exposición a vibraciones en el caso de martillos percutores (figura 5), y al calcular el tiempo de utilización máximo de estas herramientas para no superar los límites establecidos por la legislación, se obtienen valores de poco más de una hora en la mayoría de los casos. (Fernández et al., 2010c).

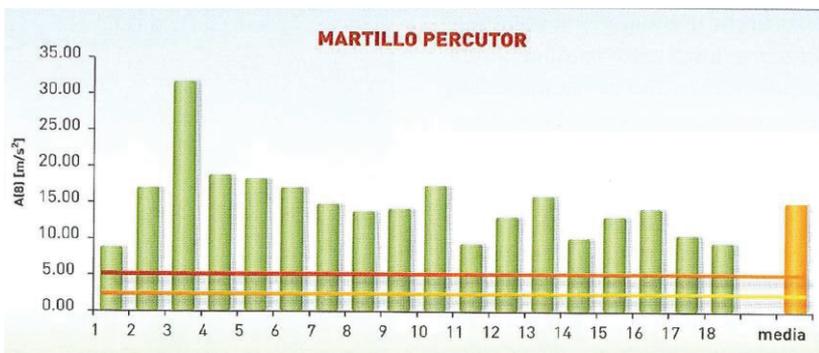


Figura 5. Valores A(8) en martillos percutores.

Así pues, en este tipo de máquinas no sólo es recomendable el uso de medidas de protección individual como los guantes aislantes, sino que deben tomarse medidas como la rotación en el puesto de trabajo para limitar el uso de esta maquinaria. Otra medida a considerar es la revisión y adquisición de martillos con menor transmisión de vibraciones.

De todas las máquinas mano-brazo evaluadas sólo los martillos percutores representan valores de vibración que podrían causar un A(8) mayor de 5 m/s² en un uso normal durante una jornada laboral. El resto de máquinas podría usarse de modo normal sin llegar a superar este límite,

dado su uso en periodos cortos más o menos frecuentes a lo largo de la jornada laboral.

La maquinaria pesada evaluada presenta elevada disparidad, habiéndose medido máquina para carga, transporte, descarga y colocación de material, limpieza de escombros y realización de zanjas. En este caso las vibraciones son de tipo cuerpo completo y se han medido con un acelerómetro triaxial situado entre el asiento y el cuerpo del trabajador. Para este tipo de exposición sólo tres de las dieciséis medidas realizadas superan el límite de $1,15 \text{ m/s}^2$, estando en la mayoría de las ocasiones por debajo del valor que da lugar a una acción, como puede observarse en la figura 6. (Fernández et al., 2010a).

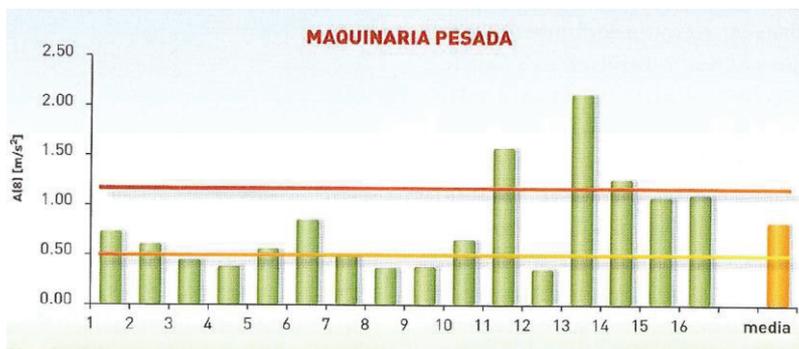


Figura 6. Valores A(8) en maquinaria grande.

En las tres mediciones que superan el valor límite se encontró que la máquina circulaba sobre escombros, con lo que una circulación por un terreno más limpio ayudaría a reducir las vibraciones. Por otro lado, en este tipo de maquinaria grande la habilidad y profesionalidad del trabajador son factores importantes a la hora de manejar correctamente las máquinas con objeto de reducir las vibraciones. Por otro lado, estas maquinarias sí que se emplean durante prácticamente toda la jornada laboral, por lo que es importante una adecuada selección y utilización de la maquinaria para garantizar unos valores de exposición por debajo del límite.

Los datos de exposición a ruido y vibraciones mencionados en este artículo corresponden a la investigación que se enmarcó dentro del proyecto regional "Caracterización acústica de materiales y medida del ambiente sonoro para el sector de la construcción - CAMMAS (JCCM, Ref. PAI07-0101-3656)".

Percepción de la exposición al ruido

También se ha estudiado la percepción de los niveles de ruido, para comparar los índices objetivos con la percepción de peligro, para comprobar si dada la frecuencia de superación de los límites de niveles de ruido en el ámbito de la construcción, sobre todo en trabajadores no especializados, se tiene o no sensación de riesgo, a pesar de las graves consecuencias de la exposición a los niveles existentes. Además, se han realizado grabaciones de 120 segundos con un HATS (simulador de cabeza y torso) para definir los parámetros psicoacústicos más representativos y relacionarlos con la percepción de ruido por medio de una encuesta de diez preguntas. (Fernández et al., 2009b). La encuesta fue respondida por una población agrupada en trabajadores especializados familiarizados con los ruidos grabados y personas no familiarizadas con los ruidos.

En la tabla 1 se muestran los parámetros psicoacústicos calculados para 30 trabajadores evaluados, donde se incluyen en nivel diario equivalente LAeq,d, nivel de pico Lpeak, Dosis D(%), máximo tiempo de exposición para lograr una dosis de 100%, T100%, dosis de vibración para una jornada de 8 h A(8), y los parámetros psicoacústicos de sonoridad (loudness, L), aspereza (roughness, R), agudeza (sharpness, S), y fuerza de fluctuación (fluctuation force, FS). (Fernández et al., 2010a).

Los resultados de la encuesta de percepción de ruido muestra correlación entre los niveles más altos de LAeq,d y la percepción de estar expuesto a niveles altos o muy altos, así como la exposición a niveles de pico por encima de 135 dBC y la sensación de carácter impulsivo en la exposición al ruido. En la mayoría de los casos el ruido se percibe como alto o muy alto, incompatible con el habla normal, en consonancia con los altos valores de sonoridad. El sonido es percibido más como agudo que como grave, lo que concuerda con las medidas espectrales y los altos valores de agudeza obtenidos. El ruido es percibido como ligeramente variable, especialmente a baja frecuencia, lo que coincide con valores de fuerza de fluctuación más altos que los del parámetro de aspereza. (Fernández et al., 2010a).

Tabla 1. Parámetros medidos y calculados.

N	$L_{Aeq,d}$ (dB(A))	L_{peak} (dB(C))	D_{8h} (%)	$T_{100\%}$ (h)	$A(8)$ (m/s^2)	L (son)	S (acum)	R (asper)	FS (vacil)
1	104.5	134.5	9051	0.09	11.48	163.50	3.63	0.50	1.26
2	104.1	134.6	8309	0.10	10.31	139.50	3.49	0.59	2.03
3	102.6	134.1	5876	0.14	8.51	133.50	4.21	0.58	1.70
4	102.0	139.0	5115	0.16	5.24	142.50	4.32	0.57	1.99
5	100.4	133.4	3542	0.23	5.09	176.00	3.57	0.52	1.41
6	100.2	125.2	3321	0.24	7.01	146.50	3.55	0.58	1.59
7	99.6	133.1	2938	0.27	6.63	144.50	4.11	0.52	1.10
8	99.3	125.8	2703	0.30	5.08	170.00	3.83	0.45	1.27
9	98.7	135.1	2375	0.34	4.91	131.00	3.58	0.76	1.69
10	94.8	123.3	965	0.83	4.27	139.50	3.52	0.54	1.99
11	94.1	123.5	826	0.97	4.82	109.50	3.22	0.57	1.59
12	90.7	126.1	370	2.16	4.71	132.50	3.48	0.58	1.30
13	90.5	122.3	353	2.27	4.00	93.80	3.17	0.46	2.05
14	86.2	118.3	133	6.03	4.25	95.20	2.97	0.58	1.09
15	101.7	137.1	4662	0.17	31.98	138.50	3.42	2.07	1.93
16	95.0	130.9	996	0.80	18.87	103.20	2.63	1.00	1.77
17	93.7	135.2	738	1.08	25.75	81.20	2.65	1.01	2.13
18	92.3	133.7	539	1.48	17.49	85.90	3.00	1.39	2.00
19	91.0	129.8	402	1.99	18.72	86.10	2.73	1.85	1.89
20	92.2	131.9	533	1.50	19.01	77.80	2.72	0.98	2.12
21	91.9	129.8	497	1.61	15.24	86.80	3.04	0.65	0.96
22	91.6	122.8	455	1.76	18.36	97.10	2.57	0.47	1.79
23	90.0	126.4	318	2.51	21.85	80.40	3.05	0.55	3.62
24	89.5	124.5	282	2.84	16.94	102.00	2.87	0.62	1.80
25	95.8	112.1	1221	0.66	3.00	115.50	3.16	0.49	1.25
26	87.7	108.2	188	4.25	3.03	94.80	3.06	0.46	1.20
27	87.0	116.0	144	5.54	2.42	60.80	3.38	0.54	1.33
28	100.9	131.2	3912	0.20	34.52	166.50	2.00	0.51	1.87
29	98.1	131.5	2073	0.39	10.32	142.50	1.93	0.49	1.52
30	92.0	132.0	505	1.58	11.89	127.50	2.15	0.63	2.02
Mean	95.3	128.0	2111	1.42	11.86	118.80	3.17	0.72	1.71
Std.Dev.	5.4	7.4	2428	1.56	8.80	31.38	0.60	0.40	0.50
Maximum	104.5	139.0	9051	6.03	34.52	176.00	4.32	2.07	3.62
Minimum	86.2	108.2	133	0.09	2.42	60.80	1.93	0.45	0.96

A pesar de los elevados niveles de exposición a ruido, y a vibraciones en caso de los martillos percutores (trabajadores 24 a 28), ninguno de los trabajadores usa en la práctica protectores individuales para ruido ni vibraciones.

Medidas a adoptar

Las líneas básicas del control de ruido establecen tomar medidas en la fuente (reduciendo la emisión de ruido), en la vía de transmisión (reduciendo la propagación del ruido) o en el receptor (reduciendo los niveles de exposición). Preferiblemente debería actuarse sobre la fuente, en el diseño y elección de maquinaria menos ruidosa, para cual resulta muy útil el sistema de etiquetado propuesto por normativas internacionales como la Directiva Europea 98/37/CE y nacionales. Medidas como la

reducción de impactos metal-metal, aislamiento de ruido y vibraciones, instalaciones de silenciadores y un adecuado programa de mantenimiento contribuyen a la reducción de niveles de emisión de ruido en maquinaria.

Para reducir los niveles en la vía de propagación se puede recurrir al uso de cabinas de aislamiento, barreras acústicas, materiales absorbentes para evitar reflexiones. Además, pueden adoptarse medidas como una adecuada organización de las tareas o reducción de tiempos de trabajo en ambientes ruidosos.

Por último, podrían adoptarse medidas sobre el trabajador, como el uso de protectores individuales. Lamentablemente este tipo de medidas no suelen ser las últimas sino las primeras en adoptarse, dado su bajo coste económico frente a las anteriormente propuestas. Existe una amplia variedad de equipos de protección individual, y es muy importante su correcta selección y el cálculo de los niveles de exposición con el uso de estos protectores debe realizarse considerando el espectro del ruido al que estará expuesto el trabajador que lo vaya a usar.

Conclusiones

Dentro de los puestos de trabajo analizados puede distinguirse dos subsectores: lugares de trabajo con maquinaria trabajando todo el día, donde destacan niveles de ruido muy elevados componentes a alta frecuencia. Otro subsector donde no hay tanta presencia de maquinaria y hay más componentes a baja frecuencia.

Se han evaluado la exposición a las vibraciones en el sector de la construcción, causadas por maquinaria, y comparado con los límites establecidos en el RD1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que pueden derivarse de la exposición a vibraciones. Se ha observado que en las herramientas que transmiten las vibraciones al sistema mano-brazo, el uso durante intervalos relativamente cortos de tiempo no hace obligatorio el uso de protectores, excepto en el caso de martillos percutores. En el caso de vibraciones transmitidas a cuerpo completo, a pesar de aumentar el tiempo de exposición, los niveles de vibraciones registrados tampoco apuntan a la obligatoriedad de protectores, aunque sí resulta recomendable una correcta elección y utilización de la maquinaria.

Los trabajadores más expuestos a ruido y vibraciones son los menos especializados, que realizan diferentes tareas con herramientas eléctricas y

ayudan a otros trabajadores cualificados, y que suponen el más numeroso sector laboral en la construcción.

Además, las empresas que realizan este tipo de obras no suelen disponer de un departamento de seguridad e higiene laboral, por lo que no se suelen disponer de estrategias para adoptar las medidas necesarias en la acciones para reducir la exposición al ruido de los trabajadores. Medidas preventivas como una adecuada planificación de fases en la construcción para reducir los niveles de exposición a ruido, selección de maquinaria menos ruidosa o instalación de barreras acústicas no se han visto en ninguno de los entornos laborales bajo estudio, limitándose las medidas a facilitar equipos de protección individual a los trabajadores.

Los trabajadores no son conocedores de los efectos causados por una prolongada exposición a ruido más allá de los efectos sobre el sistema auditivo. En el campo de las vibraciones, los efectos de la sobre-exposición son aún menos conocidos que en el ámbito del ruido.

No se tiene consciencia de la gravedad de los efectos, por lo que no se atiende a la obligatoriedad de usar protectores personales. Aunque la tendencia está cambiando y cada vez son más conscientes de la necesidad de protectores individuales.

Bibliografía

Fernández, M. D. et al. (2010a). Noise, vibration and perception of risk of workers of the construction sector, *Acta Acustica United with Acustica*, vol. 96, p. 784-790.

Fernández, M. D. et al. (2010b). Are workers in the construction sector overexposed to noise, *Noise and vibration worldwide*, vol. 41, n.2., p.11-14

Fernández, M. D. et al. (2010c). Muestreo y evaluación de la exposición a las vibraciones mecánicas en el sector de la construcción, *Seguridad y Medio Ambiente*, año 30, nº 117, p. 26-35.

Fernández, M. D. et al. (2009a). Noise exposure of workers of the construction sector, *Applied Acoustics*, vol. 70, p. 753-760.

Fernández, M. D. et al. (2009b). Noise, vibration and perception in excavator operators, *Acta congreso Euronoise 2009*, Edimburgh, Scotland.

Quintana et al. (2008). Measurement method for noise exposure of workers of the construction sector, *Acta del Congreso Euronoise 2008*, Paris, Francia.

