

PARA LA EVALUACIÓN  
Y PREVENCIÓN  
DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA

EXPOSICIÓN DE LOS  
TRABAJADORES  
al  
RUIDO

REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo  
BOE nº 60, de 22 de marzo



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

PARA LA EVALUACIÓN  
Y PREVENCIÓN  
DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA

# EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES al RUIDO

REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo  
BOE nº 60, de 22 de marzo



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

## PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, encomienda de manera específica, en su disposición adicional segunda, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición al ruido en los lugares de trabajo. Esta Guía se complementará con un Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios de los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales tal como quedan establecidas en este real decreto.

La presente Guía proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios, a los responsables de prevención, a los trabajadores y a sus representantes, la interpretación y aplicación del citado real decreto especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores involucrados y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables.

Concepción Pascual Lizana  
DIRECTORA DEL INSHT

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 286/2006, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO .....	8
Artículo 1. Objeto .....	9
Artículo 2. Definiciones .....	10
Artículo 3. Ámbito de aplicación .....	10
Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición .....	11
Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción .....	16
Artículo 6. Evaluación de los riesgos .....	18
Artículo 7. Protección individual .....	23
Artículo 8. Limitación de exposición .....	27
Artículo 9. Información y formación de los trabajadores .....	30
Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores .....	33
Artículo 11. Vigilancia de la salud .....	34
Artículo 12. Excepciones .....	37
Disposición adicional primera. Información de las autoridades laborales .....	38
Disposición adicional segunda. Elaboración y actuación de la Guía técnica .....	39
Disposición transitoria única. Normas transitorias .....	39
Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa .....	39
Disposición final primera. Incorporación de derecho de la Unión Europea .....	39
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo .....	39
Anexo I. Definiciones .....	41
Anexo II. Medición del ruido .....	43
Anexo III. Instrumentos de medición y condiciones de aplicación .....	43

---

	<b>Pág.</b>
III. APÉNDICES .....	48
Apéndice 1. Efectos del ruido sobre la salud .....	48
Apéndice 2. Control de la exposición a ruido .....	52
Apéndice 3. Molestias debidas al ruido. Criterios de evaluación .....	55
Apéndice 4. Protectores auditivos: Selección y utilización .....	64
Apéndice 5. Mediciones del nivel de ruido .....	77
Apéndice 6. Exposición combinada a ruido y a agentes ototóxicos .....	94
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	98
Legislación relacionada.....	98
Normas técnicas.....	99
Bibliografía .....	100
Enlaces de interés .....	101

## I. INTRODUCCIÓN

Esta Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo (BOE nº 60 de 11 de marzo de 2006), sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.

Dicho Real Decreto traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y adecúa la prevención de riesgos derivados de la exposición laboral al ruido a los requisitos exigidos en el actual marco normativo establecido por la Ley 31/1995 y su desarrollo reglamentario.

Esta Guía, conforme al primer apartado de la Disposición transitoria única del RD 286/2006, y a la espera de que se dé cumplimiento a lo establecido en el último párrafo de la Disposición adicional segunda (elaboración del Código de conducta con orientaciones prácticas dirigidas a los sectores de la música y el ocio) no incluye recomendaciones prácticas respecto a la problemática específica de este sector. En relación con la actividad de la navegación marítima no son de aplicación, hasta el plazo fijado, las recomendaciones técnicas derivadas del artículo 8 del Real Decreto, al no ser éste de aplicación conforme al apartado 2 de la Disposición transitoria única.

Por otra parte, los cambios que incorpora el nuevo real decreto generan los puntos más significativos en la redacción de la Guía. Entre ellos destaca la sustancial reducción (por ejemplo, 5 dB en el nivel equivalente diario) de los **niveles de exposición que dan lugar a una acción**. Aunque en el Real Decreto 1316/1989 no tenían la misma denominación, ya existían ciertos niveles de referencia con similar objetivo.

El Real Decreto establece una nueva referencia denominada **valor límite**, localizada en el oído del trabajador. Esta "localización", que no es extensible a los valores superior e inferior de exposición que dan lugar a una acción, permite utilizar la atenuación del protector auditivo para demostrar el cumplimiento con los valores límite. Dichos valores límite no deben superarse en ninguna circunstancia salvo que la situación de trabajo se califique de **excepcional** en las condiciones que para ello marca el Real Decreto.

Con la condición de evaluación mencionada se hace necesario disponer de un valor fiable de la **atenuación del protector auditivo** así como la aplicación de sistemas que permitan comprobar su utilización correcta.

El Real Decreto dispone que se lleve a cabo un **Programa de medidas técnicas y organizativas** (de hecho, ya figuraba en el redactado del Real Decreto 1316/1989) cuando se vulneran los valores superiores de exposición proponiendo como principio de actuación la planificación antes que la aplicación aislada y descoordinada de medidas de prevención.

Otros aspectos que ofrecen cambios en el Real Decreto, y quedan reflejados en la Guía, son los relativos a la información, formación, consulta y participación de los trabajadores, desarrollando lo dispuesto al respecto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como los correspondientes a la vigilancia de la salud.

Como es norma en este tipo de Guías los comentarios al Real Decreto se realizan inmediatamente después del articulado. Esta metodología permite concretar mejor las aclaraciones que se han considerado adecuadas al contenido del Real Decreto.

Para aquellos temas de especial relevancia que han precisado una información más amplia, que va más allá de lo que particularmente responde al articulado, se ha desarrollado un Apéndice aparte. Ejemplo de esta información adicional es la que se suministra respecto a los agentes químicos ototóxicos, los efectos del ruido sobre la salud, las molestias producidas por el ruido o el control de las exposiciones.

En su elaboración se ha tenido en cuenta que la anterior disposición legal (Real Decreto 1316/1989) no dispuso de Guía de interpretación técnica por lo que ésta es la primera de este tipo que se publica respecto a exposición laboral al ruido. Por este motivo, en algunos de los apéndices se han desarrollado especialmente ciertos temas como, por ejemplo, lo correspondiente a **medición del ruido** incluyendo el cálculo de la incertidumbre del resultado.

NOTA:

En los recuadros en color se incluye el texto del Real Decreto 286/2006.

## II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 286/2006, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

### **Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.**

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la ley, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985.

En el ámbito de la Unión Europea, el artículo 137.2 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea establece como objetivo la mejora, en concreto, del entorno de trabajo, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Con esa base jurídica, la Unión Europea se ha ido dotando en los últimos años de un cuerpo normativo altamente avanzado que se dirige a garantizar un mejor nivel de protección de la salud y de seguridad de los trabajadores.

Ese cuerpo normativo está integrado por diversas directivas específicas. En el ámbito de la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido ha sido adoptada la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido), que deroga a la Directiva 86/188/CEE, de 12 de mayo, transpuesta a nuestro derecho interno por medio del Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. Mediante este real decreto se deroga el Real Decreto 1316/1989 y se transpone al derecho español la Directiva 2003/10/CE.

El real decreto consta de doce artículos, dos disposiciones adicionales, una disposición transitoria, una disposición derogatoria, dos disposiciones finales y tres anexos. La norma establece una serie de disposiciones mínimas que tienen como objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición; regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la exposición a ruido se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible, e incluye la obligación empresarial de establecer y ejecutar un programa de medidas técnicas y organizativas destinadas a reducir la exposición al ruido, cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción; determina los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, especificando las circunstancias y condiciones en que podrá utilizarse el nivel de exposición semanal en lugar del nivel

de exposición diaria para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos; prevé diversas especificaciones relativas a la evaluación de riesgos, estableciendo, en primer lugar la obligación de que el empresario efectúe una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido, e incluyendo una relación de aquellos aspectos a los que el empresario deberá prestar especial atención al evaluar los riesgos; incluye disposiciones específicas relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual; especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición; recoge dos de los derechos básicos en materia preventiva, como son la necesidad de formación y de información de los trabajadores, así como la forma de ejercer los trabajadores su derecho a ser consultados y a participar en los aspectos relacionados con la prevención; se establecen disposiciones relativas a la vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a ruido.

El real decreto introduce la excepción otorgada por la directiva para situaciones en que la utilización de protectores auditivos pueda causar un riesgo mayor para la seguridad o la salud que el hecho de prescindir de ellos, en determinadas condiciones y con una serie de garantías adicionales.

La disposición adicional primera incluye una obligación que resulta fundamental a efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 11 de la directiva. En efecto, con objeto de que el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales cuente con la información pertinente que le permita justificar las excepciones aplicadas en nuestro país, y pueda remitir a la Comisión europea la información requerida en la directiva, las autoridades laborales competentes deberán remitir cada cuatro años contados desde la entrada en vigor del presente real decreto al Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales la lista de las excepciones que en sus respectivos territorios se apliquen, indicando las circunstancias y razones precisas que fundamentan dichas excepciones.

Además, también de acuerdo con lo dispuesto por la directiva, prevé un régimen transitorio respecto de los sectores de la música y el ocio, así como para el personal a bordo de buques de navegación marítima.

En la elaboración de este real decreto han sido consultadas las organizaciones sindicales y empresariales más representativas y oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales, de Sanidad y Consumo y de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 10 de marzo de 2006,

Dispongo:

#### **Artículo 1. Objeto.**

El presente real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición.

Este real decreto dispone medidas para la reducción de la exposición de los trabajadores al ruido. Con ello, se disminuirá el riesgo de enfermedades

derivadas de dicha exposición, ya sean afecciones del oído o bien de otra naturaleza; sin embargo, el conocimiento científico actual no es suficiente para



establecer niveles de exposición seguros que cubran los riesgos de cualquier naturaleza.

En este sentido, los valores límite de exposición de este real decreto están fijados para proteger la

salud auditiva de los trabajadores, pero no puede considerarse probada su eficacia frente a efectos no auditivos que han sido relacionados con la exposición a ruido (ver Apéndice 1).

## Artículo 2. Definiciones.

A efectos de este real decreto, los parámetros físicos utilizados para la evaluación del riesgo se definen en el Anexo I.

Ver los comentarios al Anexo I.

## Artículo 3. Ámbito de aplicación.

1. Las disposiciones de este real decreto se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de su trabajo.

Queda incluida cualquier exposición que tenga lugar durante la prestación laboral, sea debida o no a la actividad laboral (en este segundo caso, por ejemplo, la exposición dentro de una oficina al ruido generado por un taller anexo a ella). Esto incluye la exposición a ruido en los locales y en los medios de transporte de la empresa (por ejemplo, en la cabina de un camión), en las obras de construcción, en definitiva, en cualquier situación en la que sea aplicable la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

A diferencia de su norma predecesora (Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre), este real decreto incluye a los trabajadores de los medios de transporte aéreo y marítimo. En el caso del transporte marítimo, el artículo 8 no será de aplicación hasta el 15 de febrero de 2011. Sin perjuicio de las disposiciones aplicables a la navegación marítima del Real Decreto 286/2006 durante este periodo transitorio, la Resolución A 468 (12) de la

Organización Marítima Internacional brinda orientaciones para ser tenidas en cuenta en determinados buques, dentro de su campo de aplicación, para la reducción del ruido en la fuente.

Para los trabajadores de la música y el ocio también existe un plazo adicional de entrada en vigor de la totalidad del presente real decreto, hasta el 15 de febrero de 2008, conforme al apartado 1º de la Disposición transitoria única. Normas transitorias, fecha hasta la que permanecerá vigente el Real Decreto 1316/1989. Para estos sectores se desarrollará un código de conducta que complementará a esta Guía.

La emisión de ruido fuera de la empresa, a efectos de contaminación medioambiental, no queda incluida en el ámbito de aplicación de este real decreto, aspecto del que se ocupa la reglamentación específica de medio ambiente, tanto nacional, derivada de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, sobre Ruido ambiental, como autonómica y local.

2. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el artículo 1, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en el presente real decreto.

El ámbito de aplicación del presente real decreto es el mismo que el de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, modificada por la Ley 54/2003, de 12 de noviembre, de reforma del marco norma-

tivo de la prevención de riesgos laborales, y que el del Real Decreto 39/1997, modificado por el Real Decreto 604/2006, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

En particular, deben tenerse en cuenta las disposiciones generales de la Ley 31/1995 y del Real Decreto 39/1997 en temas como: integración de la prevención en la empresa, principios de la acción preventiva, evaluación de los riesgos, equipos de trabajo y medios de protección, información, con-

sulta y participación de los trabajadores, formación de los trabajadores, medidas de emergencia y vigilancia de la salud, aspectos que en el ámbito de aplicación del presente real decreto están limitados a los riesgos derivados de la exposición a ruido en el trabajo.

#### Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición.

1. Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que las obligaciones establecidas por el presente real decreto no se limitan al cumplimiento de los valores límite y valores de exposición que dan lugar a una acción establecidos en el artículo 5. La exposición al ruido debe, además, eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control en su origen.

Una buena práctica para la reducción del ruido en el origen es la elección de máquinas que, a igualdad de características técnicas, ofrezcan los niveles más bajos en la declaración de ruido emitido que debe incluir su manual de instrucciones, de acuerdo con el Real Decreto 1435/1992 sobre máquinas (véase apartado 6.5.f de la Guía).

La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y tendrá en consideración especialmente:

Los principios generales establecidos en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales son los siguientes:

*“a) Evitar los riesgos.  
b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.  
c) Combatir los riesgos en su origen.  
d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.*

*e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.  
f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.  
g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.  
h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.  
i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.”*

a) otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse al ruido;

La modificación de los métodos de trabajo puede incluir cambios de carácter tecnológico (empleo de equipos menos ruidosos, modificaciones de diseño que permitan evitar operacio-

nes ruidosas, etc.) u organizativo (por ejemplo, rotación entre distintos puestos de trabajo que permita reducir la exposición individual al ruido).

b) la elección de equipos de trabajo adecuados que generen el menor nivel posible de ruido, habida cuenta del trabajo al que están destinados, incluida la posibilidad de proporcionar a los tra-

bajadores equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de dichos equipos cuyo objetivo o resultado sea limitar la exposición al ruido;

Desde hace muchos años la Unión Europea ha dictado normas encaminadas a limitar la emisión de ruido por parte de ciertos equipos, con vistas a reducir la exposición al ruido de los ciudadanos en general. La más reciente de dichas disposiciones, que sustituye a varias anteriores, es la Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre. Dicha Directiva fue transpuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 212/2002, de 22 de

febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

En la elección de los equipos de trabajo deberá prestarse atención a que generen el menor ruido posible y, cuando estén incluidos en el ámbito del citado Real Decreto 212/2002, deberán respetar lo establecido en el mismo en relación con la limitación de emisiones sonoras. El Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, modifica el Real Decreto 212/2002, estableciendo unos nuevos valores límite para un grupo de máquinas.

c) la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;

Una concepción y disposición apropiadas de los lugares y puestos de trabajo ha de permitir minimizar el número de personas expuestas a ruido, así como reducir al mínimo la exposición de dichas personas, recurriendo no sólo al empleo de equipos que emitan el mínimo posible de energía sonora, sino también dotando a los lugares y puestos de trabajo de los elementos apropiados para minimizar la transmisión del ruido, tanto por vía aérea como a través de las estructuras sólidas.

En este sentido, uno de los factores que debe tenerse en cuenta es la transmisión de vibraciones desde los equipos de trabajo a las estructuras del edificio mediante el empleo de las técnicas de aislamiento más apropiadas en cada caso, ya que las estructuras pueden transmitir cantidades importantes de energía sonora a distancias considerables, con lo que el ruido puede acabar afectando a personas notablemente alejadas de la fuente de aquél.

d) la información y formación adecuadas para enseñar a los trabajadores a utilizar correctamente el equipo de trabajo con vistas a reducir al mínimo su exposición al ruido;

En algunos casos la forma de utilizar el equipo de trabajo puede influir decisivamente en la cantidad de energía sonora emitida por el mismo; cuando se den tales circunstancias deberá prestarse especial atención a la información y forma-

ción dadas a las personas usuarias del equipo, a fin de que, mediante una utilización adecuada del mismo, se minimice la exposición tanto de dichas personas como de quienes se encuentren en las proximidades.

e) la reducción técnica del ruido:

Una vez minimizada la *emisión* de ruido por parte del equipo que lo produce, el siguiente paso en la estrategia de reducción debe ser minimizar la *transmisión* del ruido emitido: aunque normalmente la vía de transmisión más importante es la

aérea, no debe olvidarse que, en ocasiones, la transmisión del ruido a través de las estructuras del edificio o cuerpos sólidos en general puede desempeñar un papel importante.

1º) reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente;

La reducción de la transmisión aérea del ruido emitido por los equipos de trabajo puede lograrse, fundamentalmente, de tres maneras:

a) Empleando recubrimientos *absorbentes* del ruido en los paramentos del local. En general dichos recubrimientos son de materiales porosos y pueden disponerse no sólo recubriendo los paramentos existentes, sino también suplementando los mismos (por ejemplo, suspendiendo del techo planchas absorbentes). La eficacia reductora de los recubrimientos absorbentes se manifiesta únicamente a partir de una cierta distancia de la fuente de ruido, por lo que no son eficaces para proteger a quienes desempeñan su labor en la vecindad inmediata de la fuente; a título meramente orientativo, puede indicarse que la distancia de la fuente sonora a partir de la cual empieza a ser perceptible la disminución del nivel de ruido producida por la instalación de paramentos absorbentes es superior al 50% de la altura en locales de planta asimilable a un cubo, y que en locales cuya superficie en planta sea grande con relación a su altura, es superior al 20% de la raíz cuadrada de la superficie en planta del local.

En otras palabras, a distancias de la fuente de ruido inferiores a las indicadas (a título orientativo) en el párrafo anterior, el empleo de recubrimientos absorbentes no produce una reducción apreciable del nivel de ruido y, por tanto, es escasamente eficaz para proteger a quienes se encuentran en esa zona.

b) *Aislando* la fuente de ruido al ubicarla en el interior de una cabina o recinto cuyo diseño

impida que el ruido generado llegue al exterior. Obviamente, el diseño de la citada cabina debe ser compatible con el funcionamiento del equipo, lo que a veces genera dificultades insalvables o conduce a construir cabinas cuya eficacia como aislantes de ruido es insuficiente debido a que el ruido "escapa" de su interior a través de las aberturas necesarias para introducir o extraer materiales, o para otras finalidades.

Una alternativa equivalente a la que se puede recurrir en ciertos casos es la de construir un recinto o cabina insonorizados en el interior del cual permanecen *la mayor parte del tiempo* las personas que trabajan, las cuales utilizarán normalmente equipos de protección individual cuando tengan que salir del recinto insonorizado. Esta solución suele ser viable en el caso de industrias muy automatizadas en las cuales la función básica de los trabajadores es de control y ésta puede realizarse en gran medida desde el interior de un recinto tal como el descrito.

c) Utilizando *barreras* que limiten el ámbito de transmisión del ruido. Si bien las barreras se emplean con buenos resultados en espacios abiertos (ruido de tráfico, aeropuertos, etc.), generalmente su eficacia es relativamente pequeña en locales cerrados, por lo que no suelen emplearse mucho para limitar la exposición laboral al ruido, que mayoritariamente se produce en locales cerrados.

En el apéndice 2 se amplía la información acerca del control técnico del ruido.

2º) reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo mediante amortiguamiento o aislamiento;

Muchos sólidos transmiten las vibraciones con gran facilidad y, a menudo, cuando el sólido en cuestión vibra en contacto con el aire, estas vibraciones se convierten en ruido. A veces, las vibraciones de los equipos de trabajo pueden transmitirse a las estructuras de los edificios y desplazarse a través de ellas, generando ruido a distancias considerables de la fuente original de vibración. Este hecho tiene una consecuencia importante: como ya hemos dicho más arriba, los equipos de trabajo que, por sus características, pueden transmitir vibraciones a la estructura, han de ser aislados de la misma con las técnicas apropiadas a cada

caso, que pueden ir desde apoyarlos sobre un soporte amortiguador hasta la construcción de una cimentación específica separada de la del resto del local.

Por otra parte, al plantearse una acción de reducción del ruido emitido por una máquina o equipo hay que investigar cuidadosamente cuál es la parte del mismo que contribuye en mayor medida a la emisión del ruido, pues una elección errónea del punto de actuación puede conducir a resultados decepcionantes desde el punto de vista de la reducción de ruido conseguida. Así, por ejemplo, los equipos a los que se alimenta con pie-

zas metálicas de gran longitud para su progresivo mecanizado, el aislamiento de la zona de operación suele mostrarse ineficaz como medida reductora del ruido porque éste es emitido, en gran parte, en la zona de carga de la barra, tubo, etc., que permanece *fuera* de la máquina.

Es, por tanto, recomendable la realización de un estudio previo para la localización de fuentes

de ruido mediante métodos de presión o preferentemente mediante métodos de intensidad acústica, que determinen la localización de los focos sonoros tanto en vacío como en carga, e incluso un análisis de frecuencia para conocer el tipo de ruido emitido y aplicar las medidas reductoras y los materiales absorbentes adecuados.

f) programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;

Para muchos equipos de trabajo, la cantidad de ruido emitida durante su funcionamiento varía de manera importante en función de su estado de mantenimiento. Por ello, para los equipos de trabajo en los que se dé tal circunstancia, se deberá incluir en su plan de mantenimiento un apartado específico de control del ruido emitido, comparación del mismo con su valor "normal" y la realización de las operaciones oportunas para minimizar la diferencia entre ambos valores, teniendo en cuenta el desgaste natural debido al envejeci-

miento del equipo y su influencia en el nivel de ruido emitido.

Sería aconsejable la medición del nivel emitido por una máquina de nueva adquisición o puesta a punto recientemente, una vez ubicada en su entorno de trabajo, para asignar a ese nivel el valor de "normal" indicado anteriormente. En el apartado 6.5 f) se indica la información que debe contener el manual de instrucciones de las máquinas según el Real Decreto 1435/1992.

g) la reducción del ruido mediante la organización del trabajo:

1º) limitación de la duración e intensidad de la exposición;

Puesto que la capacidad de un ruido para dañar el oído depende fundamentalmente de la cantidad de *energía sonora* que aquél recibe, tan importante es reducir el nivel sonoro como el tiempo de exposición al mismo. Reducir el tiempo de exposición *individual*, sin modificar el nivel de ruido ni el tiempo durante el que se emite, exige establecer algún tipo de rotación entre los trabajadores, lo

que, aun siendo teóricamente posible, no suele ser una solución fácil de llevar a la práctica. A este respecto debe tenerse en cuenta que para que el nivel de exposición diario equivalente se reduzca en 3 dB es necesario que el tiempo de exposición se reduzca a la mitad (ver también *Tabla 1. Tiempo máximo de exposición al ruido*, en los comentarios de esta Guía al artículo 8).

2º) ordenación adecuada del tiempo de trabajo.

En ocasiones es posible que determinadas operaciones ruidosas puedan realizarse de manera que se minimice el número de personas expuestas, si se realizan en el momento adecuado. Igualmente, la organización del trabajo de manera que, cuando

sea posible, se alternen las tareas ruidosas con otras en las que no se produzca exposición al ruido puede contribuir a reducir esta última y facilitar un mejor cumplimiento de lo dispuesto en el primer párrafo del presente apartado.

2. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, cuando se sobrepasen los



valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización, que deberán integrarse en la planificación de la actividad de la empresa, destinado a reducir la exposición al ruido, teniendo en cuenta en particular las medidas mencionadas en el apartado 1.

El programa de medidas técnicas y de organización no es más que un caso particular de la planificación de la prevención preventiva prescrita por la Ley 31/1995 en su artículo 16, que debe incluir *“para cada actividad preventiva el plazo para llevarla a cabo, la designación de responsables y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución”*.

El programa de medidas técnicas y de organización debe, por tanto, ser lo suficientemente concreto como para incluir los elementos citados, que deberán estar justificados en todos sus extremos, particularmente respecto a los plazos de ejecución, teniendo en cuenta que la obligación general del empresario, enunciada en el párrafo 1 de este artículo, es eliminar los riesgos derivados de la exposición al ruido o reducirlos *“al nivel más bajo posible teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control en su origen”*.

Lo anterior deberá llevarse a cabo teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 15.1 de la Ley de Prevención respecto a los principios de la acción preventiva, en particular lo dispuesto en el apar-

tado h): Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

Por otra parte, deberá tenerse en cuenta lo que dispone el artículo 17.2 de la Ley 31/1995 y el artículo 4 del Real Decreto 773/1997: *“Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo”*. En consecuencia sólo deberá recurrirse al empleo de los EPI cuando los riesgos no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente mediante el empleo de protección colectiva. Respecto a la factibilidad de aplicar una determinada medida preventiva, véase el apéndice 2.

De nuevo aquí la recomendación dada en el artículo 4 punto 1, sobre la adquisición de máquinas cuyos niveles de ruido de emisión sean los menores posible, evitará el tener que establecer y ejecutar programas de medidas técnicas u organizativas complejos y costosos.

3. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, serán objeto de una señalización apropiada de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifique, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a ellos.

En los lugares de trabajo en los que haya puestos de trabajo permanentes en los que se superen o puedan superarse los niveles superiores de exposición, se señalará la obligación de empleo de protectores auditivos.

En los lugares de trabajo donde, sin existir puestos de trabajo fijos, puedan producirse ocasionalmente exposiciones que, por sí solas o sumadas a las soportadas por las mismas personas en otros lugares de trabajo, pudiesen superar los niveles superiores de exposición, deberá señalizarse la obligación de empleo de protectores auditivos cualquiera que sea el tiempo de permanencia en dichos lugares. Debe prestarse una atención particular a este tipo de situaciones en el personal de mantenimiento.

Por otra parte, como complemento a lo anterior, y si es viable, es recomendable que en la periferia de la zona se emplee señalización de advertencia que informe del riesgo de exposición al ruido y se limite el acceso a la zona. Dado que dicha señal no está normalizada en el Anexo III del Real Decreto 485/1997, y que se trata de una señal de advertencia, de acuerdo con dicho real decreto deberá ser un triángulo de color amarillo y el pictograma deberá ajustarse lo más posible a la información de la que advierte. En cualquier caso será necesario acompañarla de un texto explicativo de su significado. Se muestra una señal a título de ejemplo (fondo amarillo y borde negro).

## RIESGOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO



4. Cuando, debido a la naturaleza de la actividad, los trabajadores dispongan de locales de descanso bajo la responsabilidad del empresario, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso.

Para que un local de descanso pueda cumplir apropiadamente su función es necesario, además de cumplir con los requisitos establecidos en el Anexo V del Real Decreto 486/1997, que su nivel de ruido sea compatible con dicho descanso, permitiendo, por lo menos, una comunicación oral sin dificultad alguna.

La evaluación del nivel de dicha dificultad puede efectuarse calculando el índice SIL (Speech Interference Level).

En el Apéndice 3 de esta Guía se hace referencia al índice SIL y a otros criterios de valoración reconocidos, sobre las molestias provocadas por el ruido.

En cualquier caso, el tiempo que los trabajadores permanezcan en el local de descanso podrá ser computado a los efectos de la evaluación de riesgos que prescribe el artículo 6 del presente real decreto.

5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 31/1995, el empresario adaptará las medidas mencionadas en el presente artículo a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles.

Determinados trabajadores pueden ser especialmente sensibles al ruido y, por tanto, requerir medidas especiales de protección en virtud de lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Entre esos trabajadores pueden citarse las mujeres embarazadas (protección del feto), los trabajadores que padezcan o hayan padecido determinadas afecciones, etc.

Las medidas a emplear, en cuya adopción participarán en todo caso los responsables de la vigilancia de la salud, incluirán, en general, reducciones de la exposición mediante medidas organizativas que podrían llegar hasta la retirada del puesto de trabajo.

#### Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

1. A los efectos de este Real Decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

- a) Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) y  $L_{pico} = 140$  dB (C), respectivamente;
- b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85$  dB(A) y  $L_{pico} = 137$  dB(C), respectivamente;

c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80$  dB(A) y  $L_{pico} = 135$  dB(C), respectivamente.

Los valores límite de exposición representan niveles de exposición que, tal como se indica en el artículo 8.1., no deben ser excedidos salvo que la situación pueda calificarse de excepcional de acuerdo con lo que dispone el artículo 12, en cuyo caso se procederá según lo dispuesto en dicho artículo. Los valores límite de exposición, citados en el apartado a), no son aplicables a los trabajadores de los buques de navegación marítima hasta el 15 de febrero de 2011, tal como establece la Disposición Transitoria del presente real decreto.

En el caso del valor límite referido al nivel de exposición diario equivalente  $L_{Aeq,d}$  (ver definición en el Anexo I del presente real decreto) el valor de 87 dB(A) no debe ser excedido en ninguna jornada laboral. Se exceptúan aquellas situaciones con una variabilidad importante de la

exposición entre días, para las que el apartado 3 de este artículo admite promedios semanales.

En el caso del valor límite referido al nivel de pico  $L_{pico}$  (ver definición en el Anexo I del presente real decreto) el valor de 140 dB(C) no debe ser excedido en ningún momento.

Sin embargo, a efectos de comparación con el valor límite aplicable, se admite que se considere el efecto de las protecciones auditivas, que deben utilizarse obligatoriamente cuando se superan los valores superiores de exposición, tal como dispone el artículo 7.1b (ver apartado 2 de este artículo). En el Apéndice 4 de esta Guía se dan las indicaciones apropiadas para tener en cuenta dicho efecto, en función de las características del ruido y de las del equipo de protección empleado.

2. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

Cuando el valor de  $L_{Aeq,d}$  supere 87 dB(A) o el  $L_{pico}$  140 dB(C), para evaluar si el valor límite ha sido o no superado, se tendrá en cuenta el efecto de la utilización de las protecciones individuales que en tales circunstancias es obligatorio emplear, según lo dispuesto en el artículo 7.1.b.

Así, por ejemplo, si en un puesto de trabajo el nivel de exposición diario equivalente  $L_{Aeq,d}$  es 92 dB(A) y se utilizan protectores individuales cuya atenuación, calculada como se indica en el apéndice 4 o metodología de similar fiabilidad y teniendo en cuenta el tiempo real de utilización

del EPI, es de 10 dB(A), se considerará que el nivel de exposición diario equivalente que llega al oído  $L'_{Aeq,d}$  es  $92 - 10 = 82$  dB(A), no superándose por tanto el valor límite (87 dB(A)), pero a todos los efectos se considerará que el  $L'_{Aeq,d}$  del puesto de trabajo es 92 dB(A) y por lo tanto supera el valor superior de exposición (85 dB(A)). En todo caso deberá tenerse en cuenta la incertidumbre ligada al cálculo de la atenuación y el tiempo de utilización real de los protectores auditivos, de acuerdo con la metodología descrita en el apéndice 4.

3. En circunstancias debidamente justificadas, y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:

- a) el nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A), y
- b) se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.



Cuando el nivel de exposición diario equivalente  $L_{Aeq,d}$  varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, la exposición podrá evaluarse tomando como base de comparación con los valores límite y los valores de exposición que dan lugar a una acción, según proceda, el nivel de exposición semanal equivalente,  $L_{Aeq,s}$ , definido en el punto 5 del anexo I del presente real decreto.

De lo anterior se infiere que cualquier otra exposición no regular (por ejemplo, tareas que se realizan sólo durante un mes al año), deberá respetar lo dispuesto en este apartado, no pudiendo en ningún caso acudir a promedios realizados en períodos superiores a una semana.

Para que pueda procederse a la evaluación de base semanal deben darse dos condiciones: que el nivel de exposición semanal al ruido no sea superior al valor límite de 87 dB(A) y que se adopten las medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a las actividades que se realicen.

Según la norma ISO 1999:90 (apartado 4.4.2), no es recomendable aplicar este método cuando el mayor de los  $L_{Aeq,d}$  de los distintos días de la semana supera en más de 10 dB al valor obtenido de  $L_{Aeq,s}$ .

#### Artículo 6. Evaluación de los riesgos.

1. El empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección 1ª del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. La medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

Puesto que el procedimiento de evaluación utilizado debe proporcionar confianza sobre su resultado (artículo 5.2 del Reglamento de los Servicios de Prevención), la evaluación de la exposición al ruido exigirá, como norma general, la medición de los niveles de ruido. De esta regla podrán exceptuarse aquellas situaciones en las que, a juicio de una persona que tenga la cualificación apropiada según lo dispuesto en el capítulo VI del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, no se superen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción establecidos en el artículo 5.1.c.

En general, en las actividades de carácter comercial (tiendas, grandes almacenes, etc.) y administrativo el nivel de exposición diario equivalente es notablemente más bajo que los valores inferiores de exposición y, por tanto, en ellas no será habitualmente necesario que la evaluación de riesgos incluya mediciones. En cambio, en actividades de carácter industrial, en las que los niveles de ruidos suelen ser más elevados, la evaluación de riesgos deberá, en general, incluir mediciones.

Los datos obtenidos de la evaluación y/o de la medición de la exposición al ruido se conservarán de manera que permita su consulta posterior. La documentación de la evaluación se ajustará a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y en el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

Según el artículo 23 de la Ley 31/1995, el empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación relativa a la evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores.

Según el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, en dicha documentación deberán reflejarse, para cada puesto de trabajo cuya evaluación ponga de

manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, los siguientes datos:

- a. La identificación del puesto de trabajo.
- b. El riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados.
- c. El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.
- d. La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados.

2. Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ), del nivel de pico ( $L_{pico}$ ) y del nivel de exposición semanal equivalente ( $L_{Aeq,s}$ ), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el artículo 5, teniendo en cuenta, si se trata de la comprobación de los valores límite de exposición, la atenuación procurada por los protectores auditivos. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los instrumentos de medición.

En relación con la comprobación de los valores límite de exposición, véase lo indicado en los comentarios al artículo 5, apartado 1.

3. Entre los métodos de evaluación y medición utilizados podrá incluirse un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición personal de los trabajadores. La forma de realización de las mediciones, así como su número y duración se efectuará conforme a lo dispuesto en el anexo II. Para la medición se utilizarán los instrumentos indicados en el anexo III, los cuales deberán ser comprobados mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones.

Puesto que la determinación exacta y fiable del nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) y/o del nivel de pico ( $L_{pico}$ ) es el aspecto central de la

evaluación de riesgos, en el Apéndice 5 de esta Guía técnica se dan algunas precisiones técnicas sobre la metodología de medida.

4. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con el artículo 6 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y, como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

Dichas evaluaciones y mediciones serán realizadas por personal con la debida cualificación, atendiendo a lo dispuesto en los artículos 36 y 37 y en el Capítulo III del Real Decreto 39/1997, en cuanto a la organización de recursos para el desarrollo de actividades preventivas.

El artículo 6 del Reglamento de los Servicios de Prevención dispone que la evaluación inicial debe ser revisada con la periodicidad que se acuerde entre la empresa y los representantes de los trabajadores, cuando así lo establezca una disposición específica y, en todo caso, cuando se hayan detectado daños a la salud de los trabajadores o se haya apreciado a través de los controles periódicos, incluidos los relativos a la vigilancia de la salud, que las actividades de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes. Para ello se tendrán en cuenta los resultados de la investigación sobre las causas de los daños para la salud que se hayan producido, de las actividades para la reducción y el control de los riesgos a los que se hace referencia en los apartados 1.a y 1.b del artículo 3 del

mismo Reglamento y del análisis de la situación epidemiológica según los datos aportados por el sistema de información sanitaria u otras fuentes disponibles.

La evaluación de riesgos podrá ser realizada por personas con formación de nivel intermedio (artículo 36 del Reglamento de los Servicios de Prevención), salvo cuando sea necesario el establecimiento de una estrategia de medición para asegurarse de que los resultados obtenidos garantizan efectivamente la situación que se valora o cuando sea necesaria una interpretación o aplicación no mecánica de los criterios de evaluación, en cuyo caso será necesario disponer de formación de nivel superior (artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención).

5. En el marco de lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos:

a) el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos;

Los ruidos pueden ser estables, es decir, ajustarse a la definición dada en el punto 7 del Anexo I del real decreto, o no estables. Además, pueden o no contener impulsos, es decir, ruidos discretos en los que el ascenso y la disminución de la presión acústica son muy rápidos (ver los comentarios sobre sonómetros integradores-promediadores en el Anexo III).

El tiempo de exposición se tendrá en cuenta para el cálculo de los niveles de exposición equivalentes (diario o semanal, según proceda) pero no para los ruidos de impacto, donde sólo es necesario conocer el nivel de pico en dB(C).

b) la existencia de equipos de sustitución concebidos para reducir la emisión de ruido;

El Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, regula las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre; en ciertos casos dichas emisiones sonoras están limitadas. En los casos de dichas máquinas deberá por tanto tenerse en cuenta el cumplimiento de lo dispuesto en dicho real decreto, así como la disponi-

bilidad de la información que reglamentariamente deben suministrar los fabricantes, a la cual nos hemos referido en el apartado anterior. Como ya se ha comentado, el Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, modificó el Real Decreto 212/2002, estableciendo unos nuevos valores límite para un grupo de máquinas.

c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el artículo 5;

d) en la medida en que sea viable desde el punto de vista técnico, todos los efectos para la salud y seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las sustancias ototóxicas relacionadas con el trabajo, y entre el ruido y las vibraciones;

La exposición (laboral o extralaboral) a sustancias químicas que afectan a distintas partes del órgano auditivo, denominadas ototóxicas, puede provocar un agravamiento de los efectos de la exposición a ruido; también la exposición simultánea a ruido y vibraciones.

Por ello, la evaluación de riesgos y las medidas preventivas que se derivan de ella, tendrán en cuenta la exposición combinada a ruido y a cualquiera de los agentes citados, conduciendo, en general, a una aplicación más exigente de las respectivas normativas de prevención y a una intensificación de la vigilancia de la salud de los traba-

jadores expuestos. Se considerará que un trabajador que sufre las mencionadas exposiciones se convierte en un trabajador especialmente sensible a la exposición al ruido.

En el Apéndice 6 de esta Guía técnica se citan las sustancias ototóxicas más conocidas, sus mecanismos de actuación, así como las acciones a tomar frente a la exposición combinada a ruido y a agentes químicos ototóxicos.

Se tendrá en cuenta asimismo si la exposición simultánea a ruido y bajas temperaturas puede conllevar un incremento del riesgo.

e) todos los efectos indirectos para la salud y la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las señales acústicas de alarma u otros sonidos a que deba atenderse para reducir el riesgo de accidentes;

Deberá tenerse en cuenta la posibilidad de que el ruido existente enmascare o dificulte la percepción de señales acústicas de alarma u otras indicaciones de interés para la prevención (comunicaciones verbales, ruidos anormales, etc.). En estos casos, para el diseño e implantación de las señales acústicas se tendrá en cuenta lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo y la Guía técnica realizada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo, del citado real decreto.

Es conveniente en cada caso la determinación del umbral de enmascaramiento, que es el nivel de presión sonora para el que la señal de peligro comienza a ser audible en el ambiente ruidoso (incluidas deficiencias de audición de las personas y protectores auditivos). Normalmente si el nivel de la señal acústica supera en 10 dB, en una de las octavas (o en 15 dB(A) el global), al umbral de enmascaramiento, será suficiente para que la señal se oiga con claridad. En la UNE-EN ISO 7731:2006 se establece la metodología para el cálculo del umbral de enmascaramiento. Así mismo son referencia técnica las normas UNE-EN 61310-1: 1996 y UNE-EN 981:1997.

f) la información sobre emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de equipos de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa específica que sea de aplicación;

El Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, BOE núm. 188 de 7 de agosto, establece en su Anexo I sobre "Disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo", en el punto 1.17 que "Todo equipo de trabajo que entrañe riesgos por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos".

Por otra parte, el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, BOE núm. 297 de 11 de diciembre, en su Anexo I sobre "Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y fabricación de las máquinas y de los componentes de seguridad", al referirse a las medidas de seguridad contra otros peligros (apartado 1.5.8 Ruido) indica que:

*"La máquina se debe diseñar y fabricar de manera que los riesgos que resulten de la emisión del ruido aéreo producido se reduzcan al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios de reducción del ruido especialmente en su fuente".*

Al referirse al manual de instrucciones que debe acompañar a todas las máquinas (apartado 1.7.4.f) establece lo siguiente:

*"En el manual de instrucciones se darán las siguientes indicaciones sobre el ruido aéreo emitido por la*

*máquina (valor real o valor calculado partiendo de la medición efectuada en una máquina idéntica):*

- *El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A en los puestos de trabajo, cuando supere los 70 dB(A); si este nivel fuera inferior o igual a 70 dB(A), deberá mencionarse.*

- *El valor máximo de la presión acústica instantánea ponderada C, cuando supere los 63 Pa (130 dB con relación a 20 µPa).*

- *El nivel de potencia acústica emitido por la máquina, si el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A supera, en los puestos de trabajo, los 85 dB(A).*

*Cuando la máquina sea de muy grandes dimensiones la indicación del nivel de potencia acústica podrá sustituirse por la indicación de los niveles de presión acústica continuos equivalentes en lugares especificados en torno a la máquina.*

*Cuando no se apliquen las normas armonizadas, los datos acústicos se medirán utilizando el código de medición más apropiado, adaptado a la máquina.*

*El fabricante indicará las condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición, así como qué métodos se han utilizado para ésta.*

*Cuando el o los puestos de trabajo no estén definidos o no puedan definirse, la medición del nivel de presión acústica se efectuará a 1 metro de la superficie de la máquina y a una altura de 1,60 metros por encima del suelo o de la plataforma de acceso. Se indicará la posición y el valor de la presión acústica máxima".*

Dado que es posible que en la empresa se encuentren máquinas que se regulen por el Real

Decreto 1435/1992 (máquinas antiguas) y otras por el real decreto que transponga la Directiva 2006/42/CE, a continuación se indica el texto y modificaciones que introduce esta última Directiva. En la misma se establecen las siguientes modificaciones:

En el apartado 1.5.8 *Ruido*, se añade el siguiente párrafo:

*“El nivel de ruido emitido podrá evaluarse tomando como referencia los datos de emisión comparativos de máquinas similares”.*

En el apartado 1.7.4.2 *Contenido del manual de instrucciones*, en el punto u) se añaden y modifican los siguientes párrafos:

*“u) las siguientes indicaciones sobre el ruido aéreo:*

- *el nivel de potencia acústica ponderado A emitido por la máquina, si el nivel de presión acústica de emisión ponderado A supera, en los puestos de trabajo, 80dB(A).*

*Estos valores se medirán realmente en la máquina considerada, o bien se establecerán a partir de mediciones efectuadas en una máquina técnicamente comparable y representativa de la máquina por fabricar.*

*Cuando no se apliquen las normas armonizadas, los datos acústicos se medirán utilizando el código de medición que mejor se adapte a la máquina. Cuando se indiquen los valores de emisión de ruido, se especificará la incertidumbre asociada a dichos valores. Deberán describirse las condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición, así como los métodos utilizados para ésta.*

*Cuando existan directivas comunitarias específicas que prevean otros requisitos para medir el nivel de presión acústica o el nivel de potencia acústica, se aplica-*

*rán estas directivas y no se aplicarán los requisitos correspondientes del presente punto”.*

Como se puede apreciar, los puntos más importantes de esta modificación son:

- se puede evaluar tomando como referencia los datos de emisión comparativos de máquinas similares,
- se ha bajado de 85dB(A) a 80dB(A) el nivel del puesto de trabajo que hace necesaria la medida de la potencia acústica de la máquina,
- en los valores de las mediciones deben figurar su incertidumbre correspondiente,
- las mediciones se deben realizar sobre la propia máquina o una técnicamente comparable.

Esta nueva directiva deroga la Directiva 98/37/CE, deberá estar transpuesta a más tardar el 29 de junio de 2008 y será de aplicación a partir del 29 de diciembre de 2009.

Por otro lado, el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, y su modificación por el Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por los que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre, establecen la obligación de tener marcado de forma visible, legible o indeleble, sobre las mismas, el marcado CE junto con la indicación del nivel de potencia acústica garantizado.

El nivel de potencia acústica garantizado tiene en cuenta las incertidumbres fruto de la variación de la producción de las máquinas y de los procedimientos de medición.

Las máquinas sujetas a límites de potencia acústica que figuran en el anexo XI del Real Decreto 212/2002, su nivel de potencia acústica garantizado no puede superar el valor indicado en el cuadro de valores dado en el anexo del Real Decreto 524/2006.

g) cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles a los que se refiere el artículo 25 de la Ley 31/1995.

La obligación de garantizar la protección de los trabajadores especialmente sensibles exige tener en cuenta, en la evaluación de riesgos, los aspectos relacionados con las características personales y la capacidad psicofísica de los trabajadores (artículo 25.1 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales).

Los factores que han sido descritos como posibles determinantes de una mayor sensibilidad al

ruido son: el padecimiento de ciertas enfermedades crónicas (por ejemplo, enfermedades cardiovasculares, metabólicas); algunas alteraciones del oído (por ejemplo, ineficacia del reflejo acústico; malformaciones hereditarias; antecedentes de traumatismo craneal); otras exposiciones (sustancias químicas relacionadas con el trabajo o fármacos ototóxicos).



A estos factores cabe añadir la edad, en especial para los trabajadores de más de 50 años que pueden presentar una mayor fragilidad coclear y la situación de embarazo, en la que el sujeto de protección es doble: la madre por la posible repercusión del ruido en su salud como, por ejemplo, el aumento de la tensión arterial, de la fatiga y del estrés; y el futuro niño, por el aumento del riesgo

de parto pre-término, de bajo peso al nacer y la disminución de la capacidad auditiva, que se identifica a los 4-10 años de edad.

En el caso del impacto del ruido sobre la audición del futuro niño, es aconsejable que en ningún caso se rebasen los límites de acción establecidos en este real decreto (de preferencia, el límite inferior) a partir de la semana 25 de gestación.

h) la prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario;

La evaluación de riesgos deberá tener en cuenta la realización de horas extras u otras prolongacio-

nes similares de la jornada de trabajo, sean o no esporádicas.

i) la información apropiada derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible;

La evaluación de riesgos deberá tener en cuenta los resultados de la vigilancia de la salud, así como la información disponible procedente de otras fuentes de carácter bibliográfico de recono-

cida solvencia, tales como las citadas en el artículo 5.3 d) del Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

j) la disponibilidad de protectores auditivos con las características de atenuación adecuadas.

La capacidad de atenuación de los protectores auditivos depende de las características de los mismos, así como de las características del ruido.

El Apéndice 4 ofrece los datos adecuados para la evaluación de dicha capacidad.

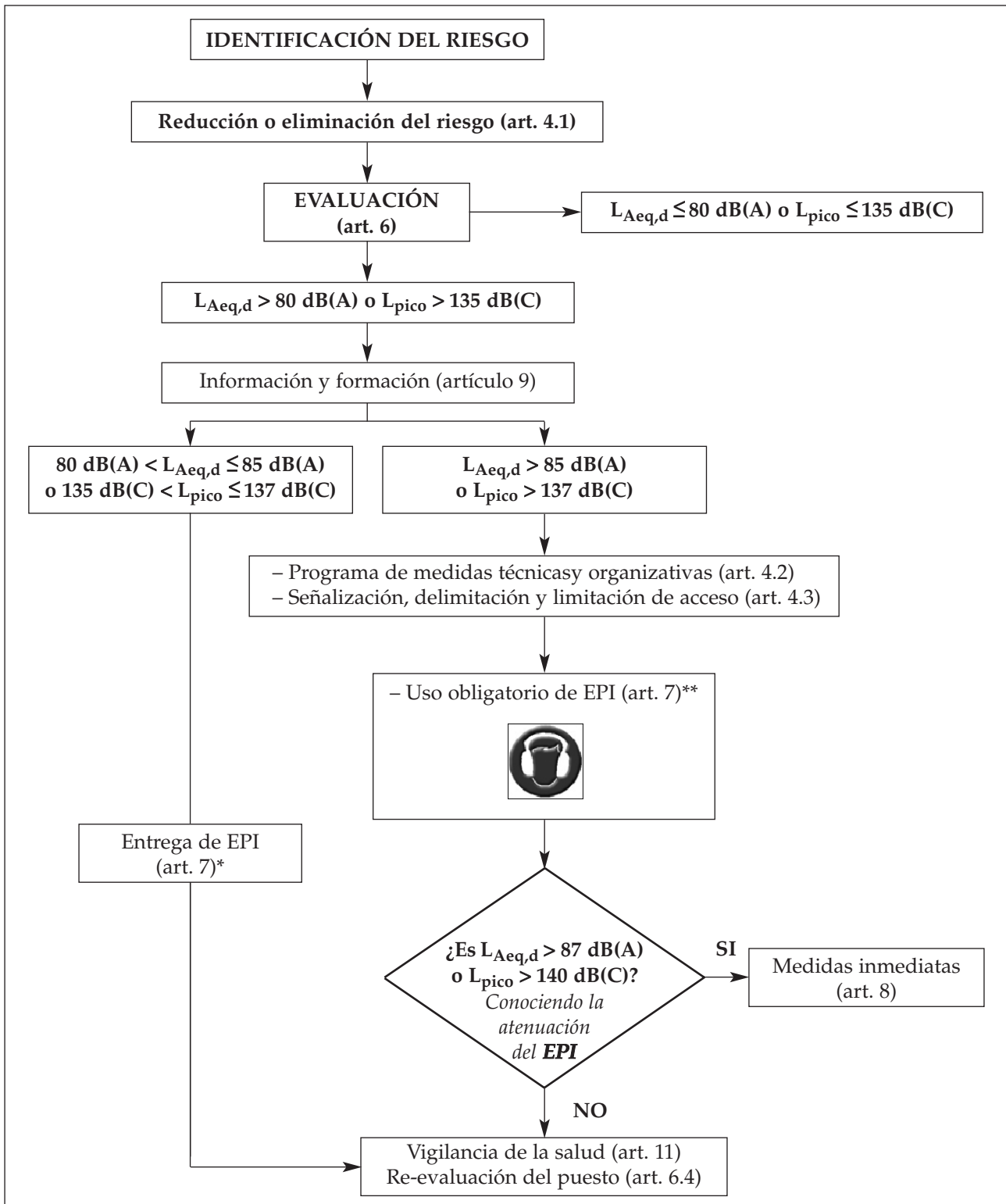
6. En función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar las medidas que deban adoptarse con arreglo a los artículos 4, 7, 8 y 9, planificando su ejecución de acuerdo con lo establecido en el capítulo II, sección 2ª del Real Decreto 39/1997.

El conjunto de las medidas a aplicar se resume en el cuadro de la página 22, tomando como base los niveles de ruido medidos.

#### **Artículo 7. Protección individual.**

1. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 17.2 de la Ley 31/1995 y en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, de no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido, se pondrán a disposición de los trabajadores, para que los usen, protectores auditivos individuales apropiados y correctamente ajustados, con arreglo a las siguientes condiciones:

a) cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales;



\* En determinadas circunstancias puede exigirse su uso por encima de  $L_{Aeq,d}$  80 dB(A) o  $L_{pico}$  135 dB(C), según el artículo 11.4 b) 2°.

\*\* El uso de protectores auditivos será obligatorio cuando el  $L_{Aeq,d}$  85 dB(A) o  $L_{pico}$  137 dB(C).

Cuando sea obligatorio el uso de los EPIS, se debe comprobar que no es una excepción del art. 12. En caso de ser una excepción al uso de los protectores auditivos, el empresario estará obligado a:

- Adopción de medidas técnicas teniendo en cuenta las circunstancias particulares.
- Vigilancia de la salud más intensa (art. 11.2).
- Comunicación a autoridad laboral.

b) mientras se ejecuta el programa de medidas a que se refiere el artículo 4.2 y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales;

La utilización de los equipos de protección individual (EPI) está justificada cuando los riesgos no se pueden evitar o no pueden limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo, tal como se dispone en el artículo 17.2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el artículo 4 del Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

A partir de esta limitación, y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la Guía técnica del Real Decreto 773/1997, el uso de los equipos de protección individual estaría justificado en las siguientes situaciones:

1. Si a partir de la evaluación indicada en el artículo 6 de este real decreto, se comprueba que las medidas técnicas y organizativas posibles, de las indicadas en el artículo 4, son insuficientes.

2. De forma transitoria hasta que se implanten las medidas preventivas de tipo colectivo que se consideren adecuadas de las indicadas en el artículo 4, cuando dicha implantación requiera un cierto tiempo, y sólo durante ese tiempo. Esta situación se da, por ejemplo, mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y de organización requerido en el artículo 4.2.

3. En situaciones de trabajo de carácter ocasional, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento, comprobación, reparación de averías o limpieza, donde las condiciones de trabajo no son las habituales y la proximidad a los focos de ruido hace difícil o imposible la aplicación de otro tipo de medidas.

4. Ante la incertidumbre frente a la magnitud real de la exposición, cuando la variabilidad de las condiciones de trabajo u otros factores impidan o dificulten evaluar correctamente el riesgo, incluido

lo previsto en el artículo 11.4 b) 2º del presente real decreto.

En situaciones de trabajo semejantes a las mencionadas, si se superan los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción el empresario, de acuerdo con el real decreto, deberá suministrar los protectores auditivos adecuados.

Aparentemente el real decreto establece de forma específica la obligatoriedad de uso de los protectores auditivos sólo mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y/o de organización, mencionado en el artículo 4.2. Al ser así mismo obligatoria la implantación de dicho programa cuando se superan los valores superiores de exposición, existe, de hecho, la obligación implícita de utilización de protectores auditivos siempre que se superen los valores superiores de exposición.

Esta referencia concreta al periodo de ejecución del programa de medidas no debería interpretarse como excluyente de la necesidad o conveniencia de utilización de protectores auditivos en otras situaciones como, por ejemplo, aquéllas en las que la evaluación ambiental difícilmente pueda concretar los valores de exposición realmente existentes (mencionadas en el anterior punto 4).

Los protectores auditivos, cuyo suministro al trabajador será gratuito, deben poseer la correspondiente certificación según establece el Real Decreto 1407/1992 y deberían ser de uso personal, como indican el artículo 7.3 del Real Decreto 773/1997 y las consiguientes aclaraciones de su Guía técnica, donde la posibilidad de compartir un equipo de protección individual está limitada a exposiciones poco frecuentes y normalmente de corta duración, como puede ser, por ejemplo, el acceso puntual a una sala de compresores.

En estos casos es necesario proceder a la limpieza y desinfección adecuada del protector auditivo. No se debería contemplar en ningún caso la posibilidad de compartir protectores auditivos tipo tapón.

c) los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.

En este punto el real decreto establece que los protectores auditivos deben seleccionarse para

suprimir o reducir al mínimo el riesgo, lo que no debe confundirse con reducir el nivel de presión



sonora al mínimo. Cuando los protectores auditivos ofrecen una atenuación excesiva y el ruido percibido es mucho menor que el ambiental, la sensación de aislamiento incrementa la incomodidad de uso, por lo que en la práctica el portador suele prescindir, aunque sea intermitentemente, del equipo. Así, la norma UNE EN 458:2005 recomienda seleccionar el protector de forma que el nivel de presión sonora percibido esté entre 65 dB(A) y 80 dB(A). En el Apéndice 4 de esta Guía se exponen varios sistemas normalizados, descritos en la citada norma, para calcular la atenuación teórica de los protectores auditivos.

En el cálculo de la atenuación también debería tenerse en cuenta el posible enmascaramiento de las señales acústicas. En este aspecto, cuando la atenuación del protector auditivo es muy variable entre diferentes frecuencias, el cambio en el espectro frecuencial percibido respecto al ambiental puede ser notable y enmascarar sonidos ambientales necesarios para la orientación y alerta del trabajador como, por ejemplo, localización de las máquinas, fases de funcionamiento de éstas, etc. Cuando el espectro de atenuación de un protector auditivo es relativamente plano, si la atenuación global es suficiente, permite proteger la audición al mismo tiempo que mantiene los rasgos principales del ambiente sonoro ambiental.

2. El empresario deberá hacer cuanto esté en su mano para que se utilicen protectores auditivos, fomentando su uso cuando éste no sea obligatorio y velando para que se utilicen cuando sea obligatorio de conformidad con lo previsto en el apartado 1.b) anterior; asimismo, incumbirá al empresario la responsabilidad de comprobar la eficacia de las medidas adoptadas de conformidad con este artículo.

Cuando sea necesario el uso de protectores auditivos se deberá informar a los trabajadores de la necesidad de utilización del EPI durante la totalidad de la exposición, desmintiendo la falsa idea de que el nivel de protección es proporcional al tiempo de uso ya que la relación entre una y otro es exponencial. El tiempo de utilización del EPI es un factor de gran incidencia en la atenuación real que se consigue con un protector auditivo. En el Apéndice 4 de esta Guía se muestra el efecto del tiempo de utilización en la eficacia real del EPI.

De acuerdo con el artículo 18.2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el artículo 9 del Real Decreto 773/1997 y el artículo 10 de este real decreto el empresario deberá consultar a los trabajadores respecto a la idoneidad de diferentes modelos de protectores que ofrezca el mercado, de forma que puedan elegir el que mejor se adapte a sus características y cuyo nivel de confort de uso sea satisfactorio. Esta elección, sobre diferentes modelos de un mismo tipo de protector auditivo, no sustituye a la selección técnica del EPI que, bajo responsabilidad del empresario, debe llevar cabo un técnico debidamente cualificado, de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 36 y 37 del Real Decreto 39/1997. Esta selección deberá establecer, a partir de la evaluación del riesgo y de lo comentado en párrafos anteriores (7.1a y 7.1b), si es procedente el uso de los protectores. Además, deberá incluir los cálculos pertinentes para estimar la atenuación que aportarán dichos protectores.

Además de la atenuación teórica, ya se ha comentado la importancia que tiene el hecho de

que el tiempo de utilización del protector coincida con el de exposición al ruido, de tal forma que puede decirse que *el mejor protector auditivo es el que se usa*.

Sobre el tiempo de utilización puede influir indirectamente las molestias derivadas del uso del protector auditivo, que dependen, entre otros factores, de:

- la atenuación global (debería ser suficiente pero no excesiva),
- el espectro frecuencial del sonido percibido cuando se utiliza el protector,
- la adaptación a la anatomía del trabajador.

En lo que respecta a la motivación del trabajador para la utilización de los protectores auditivos, es clave la información personalizada que, al respecto, debe recibir el trabajador sobre el riesgo de pérdida de audición, sobre los resultados individuales de la vigilancia de la salud, sobre las medidas de prevención implantadas y previstas y sobre las características de protección que ofrecen los protectores auditivos.

Debe darse gran importancia al control del uso de los protectores auditivos puesto que al tratarse de una acción correctora que no modifica, por tanto, el ambiente ruidoso, su eficacia depende de la voluntad del usuario, tanto en el tiempo de utilización como en la correcta utilización (adecuada colocación). Con respecto a la correcta utilización y mantenimiento de los equipos, el Real Decreto 773/1997 obliga al empresario a proporcionar a los

trabajadores, preferentemente por escrito, instrucciones al respecto, precisas y comprensibles.

Asimismo, dado que, como se acaba de decir, la eficacia de la protección va ligada a la correcta utilización del protector, sería procedente, tal como recoge el artículo 8 del Real Decreto 773/1997, que la formación sobre la utilización de estos equipos contemplara realizar sesiones de entrenamiento previo al uso del equipo por primera vez. Tales sesiones serán especialmente necesarias cuando se usen orejeras acopladas al casco.

Por este motivo la comprobación de la eficacia de las medidas adoptadas, que requiere el real decreto al empresario, se puede llevar a cabo

(entre otras posibles acciones) estableciendo protocolos de seguimiento periódico de la implantación del uso de los protectores auditivos y a través de los datos que se obtengan de la vigilancia de la salud.

En lo que respecta a la evaluación de los riesgos que propone el artículo 6, principalmente cuando se comparen los parámetros de la exposición con los valores límite de exposición, debería tenerse en cuenta el control existente sobre la implantación del uso de los protectores individuales puesto que se considera como nivel de exposición aquel que llega al oído (se computa la atenuación del EPI).

3. Cuando se recurra a la utilización de equipos de protección individual, las razones que justifiquen dicha utilización se harán constar en la documentación prevista en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

Se establece en el artículo 23 de la Ley 31/1995 que el empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación relativa a la planificación de la actividad preventiva, incluidas las medidas de protección y de prevención a adoptar y, en su caso, material de protección que deba utilizarse.

En este apartado 3 del artículo 7 se dispone la necesidad de incluir, en dicha documentación, las razones que justifican la utilización de protectores auditivos que deben ser consecuentes con lo establecido en el apartado 1 “...de no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al

ruido...” y los correspondientes comentarios de esta Guía al mismo.

Cuando el uso de protectores auditivos sea provisional, los plazos de tiempo previstos para la ejecución de las medidas correctoras (por ejemplo, de las diferentes fases del programa de medidas técnicas y de organización) se deberían indicar en la documentación mencionada.

Asimismo y de acuerdo con la Ley 31/1995, en el momento de cesación de su actividad, las empresas deberán remitir a la autoridad laboral la mencionada documentación.

#### Artículo 8. Limitación de exposición.

1. En ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición.

Teniendo en cuenta las definiciones establecidas en el Anexo I del real decreto y una vez sustraído el valor de la atenuación estimada de los protectores auditivos (ver apéndice 4), si es que se utilizan:

a) En ningún momento deberá producirse una exposición del trabajador a un nivel de pico superior a 140 dB(C).

b) En ninguna jornada de trabajo se deberá producir una exposición del trabajador en la que el nivel equivalente diario ponderado A sea superior

a 87 dB(A), a no ser que se aplique el nivel equivalente semanal en cuyo caso:

c) No deberá existir ninguna semana que dé lugar a una exposición del trabajador cuyo nivel equivalente semanal superior a 87 dB(A).

Se excluye momentáneamente de las limitaciones que establece este artículo al personal a bordo de buques de navegación marítima (hasta el 15 de febrero de 2011) y a los sectores de la música y el ocio (hasta el 15 de febrero de 2008) tal como establece la disposición transitoria de este real decreto.

Se excluyen así mismo de estas limitaciones las situaciones de trabajo a las que se refiere el artículo 12, en las que el uso de protectores auditivos

puede implicar un riesgo mayor para la seguridad y salud de los trabajadores.

2. Si, a pesar de las medidas adoptadas para aplicar el presente real decreto, se comprobaran exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá:

a) tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;

Las condiciones de trabajo, las instalaciones y los equipos no son inalterables, sino que sufren cambios que pueden originar que la exposición, aunque se haya aplicado este real decreto (incluidas las acciones expuestas en los artículos 4 y 6), sea superior a los valores límite establecidos en el artículo 5.

Debe tenerse en cuenta que la limitación que establece el artículo 5 es a la exposición, es decir, al concepto solidario de nivel de presión sonora y tiempo, o sea, al nivel de 87 dB(A) y al tiempo de 8 horas para cada jornada o bien al nivel de 140 dB(C) en cualquier instante. Como además se considera la exposición que llega al oído del trabajador, la forma de reducirla pasa por:

1. Reducir el nivel de presión sonora en los lugares de trabajo.

2. Reducir los tiempos de exposición

3. Adecuar la utilización de los protectores auditivos a esas situaciones de trabajo.

El real decreto exhorta, en este punto, a la aplicación de acciones correctoras que reduzcan la exposición con carácter de urgencia, por lo que pudieran ser de índole provisional, como la distribución y utilización de protectores auditivos, la restricción de acceso o la limitación del tiempo de exposición, hasta que se corrijan las condiciones de trabajo de forma estable, tal como se indica en el apartado 2c de este artículo y de acuerdo con el esquema propuesto en el artículo 6.

b) determinar las razones de la sobreexposición,

Estas sobreexposiciones podrían darse en actividades donde el nivel equivalente diario o el semanal o el nivel de pico ya están próximos a los valores límite respectivos. También en trabajos donde las condiciones varían mucho y de forma aleatoria, como son las tareas de mantenimiento, donde no es difícil que los trabajadores se encuentren muy próximos a las fuentes de ruido o se prolonguen ocasionalmente los tiempos de exposición sin que se hayan previsto las consecuencias.

Las sobreexposiciones pueden ser debidas al incremento del nivel de presión sonora o del tiempo de exposición. Pueden ser causas de un aumento de la exposición, entre otras, las siguientes:

- La incorporación de nuevas fuentes de ruido (máquinas, instalaciones, herramientas, etc).

- La modificación, envejecimiento o avería de las instalaciones, maquinaria, herramientas, etc. (por ejemplo: el envejecimiento de las instalaciones aumenta el nivel de vibración y consecuentemente de ruido).

- El aumento del ritmo de producción (por ejemplo: el ritmo de producción de una prensa, aunque

no tiene por qué intervenir en el valor del nivel de pico máximo, sí lo hace en el nivel equivalente).

- Los cambios debidos a la utilización de sistemas de ventilación, refrigeración o calefacción, o en lo que respecta a la ventilación natural.

- La modificación de la arquitectura interior de los locales, que pueda variar las condiciones de absorción o aislamiento acústicos, o de las distancias a las fuentes de ruido (nuevas compartimentaciones, cambios en techos, puertas, ventanas, o reubicación espacial de las fuentes de ruido, etc.).

- Los cambios producidos en las operaciones y procedimientos de trabajo (por ejemplo: la utilización indiscriminada del aire comprimido, dado el alto nivel de ruido que produce y por poco tiempo que implique, puede significar un aumento sustancial del nivel equivalente).

- A niveles de ruido elevados, un incremento relativamente pequeño, del tiempo de exposición, puede significar la vulneración del valor límite de exposición. Por ejemplo, el límite se alcanza con una permanencia diaria de media hora a 99 dB(A) pero solamente sería tolerable permanecer un cuarto de hora a un nivel de 102 dB(A). (Ver tabla 1).

**TABLA 1**  
**Tiempo máximo de exposición al ruido**  
**para alcanzar un nivel equivalente diario de 87 dB(A)**

<u>L<sub>Aeq,T</sub> en dB(A)</u>	<u>Tiempo máximo de exposición</u>
87	8 horas
90	4 horas
93	2 horas
96	1 hora
99	1/2 hora
102	1/4 hora
105	7 1/2 minutos
112	1 1/2 minutos
117	1/2 minuto
120	15 segundos

También se pueden producir sobreexposiciones cuando, en caso de utilizar protectores auditivos, la atenuación eficaz de éstos no resulte suficiente. En esos casos, en los que la exposición (para comparar con los valores límite) se estima teniendo en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos, es posible sobreestimar inadvertidamente la atenuación que realmente se esta proporcionando, bien sea por error en los cálculos de la atenuación, bien porque la adaptación y ajuste del EPI no es satisfactorio, bien porque el tiempo de utilización es menor que el de exposición.

Estos últimos factores, que son muy frecuentes, tienen que ver con la motivación personal de los

usuarios, que se ve afectada, entre otras cosas, por la información que, al respecto, han recibido los trabajadores y por la confortabilidad de uso del protector.

Puede ocurrir también que no sea posible utilizar el protector durante todo el tiempo de exposición, en cuyo caso, sólo si las causas de tal imposibilidad lo justifican (ver artículo 12), la situación de trabajo podría incluirse en las excepciones a que hace referencia el artículo 12.

En cualquier caso debe tenerse en cuenta que el tiempo de utilización del protector condiciona el valor de la atenuación eficaz que proporciona su uso (ver apéndice 4).

c) corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;

La evaluación de los riesgos tiene sentido como un proceso dinámico, donde las conclusiones no tienen por qué ser inalterables. La actuación en caso de sobreexposición debería incluir la revisión de los datos de la evaluación existente y, si procede, revisar la periodicidad prefijada.

A partir de la información recabada se adecuarán las medidas de prevención y protección a las nuevas situaciones de trabajo, además de implantar los sistemas de seguimiento y control, que se consideren necesarios, para evitar que se repita.

Las actuaciones que, de forma estable, llevan a conseguir niveles de exposición más bajos, son fruto de la planificación a medio y largo plazo, coordinando adecuadamente las acciones concretas de ingeniería con las medidas de tipo organizativo e involucrando, en los objetivos a conseguir, a los trabajadores afectados.

Dentro de esa planificación pueden ser de utilidad, entre otras, las siguientes recomendaciones:

- Estimar el impacto que pueda ejercer, sobre la exposición de los trabajadores, la incorporación de

nuevas fuentes de ruido o la modificación de las existentes.

- Prever la posibilidad de cambios en el ritmo de producción y estimar su incidencia en las exposiciones ya que probablemente el nivel equivalente diario ( $L_{Aeq,d}$ ) o el semanal ( $L_{Aeq,s}$ ) sufrirán variación.

- Tener en cuenta lo dispuesto en el artículo 3.5 del Real Decreto 1215/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en el que se hace referencia a la necesidad de que los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones que no supongan riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

- Prestar atención a los cambios que se pueden producir en los parámetros de exposición por cau-

sas no directamente relacionadas con los equipos de trabajo de uso habitual, por ejemplo, el uso de ventiladores o sistemas de ventilación forzada o ventilación natural y tener constancia de las variaciones del nivel de ruido, por ejemplo, mediante mediciones en diferentes condiciones.

- Revisar el sistema de implantación y seguimiento del uso de los protectores auditivos, incrementando, si es el caso, la información suministrada a los trabajadores con el fin de aumentar la motivación para la utilización correcta del EPI durante todo el tiempo de exposición.

- Revisar los sistemas de control de acceso (incluida la señalización) de los trabajadores a las zonas donde se puedan dar altas exposiciones al ruido.

- Prever sistemas de control de las exposiciones para las operaciones de mantenimiento y reparación próximas a fuentes de ruido importantes.

d) informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

La información que reciban los delegados de prevención debería incluir la magnitud con que se han superado los valores límite, dónde y en qué circunstancias ha ocurrido, las medidas que, con carácter de urgencia, se consideran apropiadas para la reducción inmediata de la exposición, las causas que han motivado la sobreexposición y las acciones previstas para evitar reincidencias.

En este proceso informativo se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Ley 31/1995 y en concreto en su artículo 36, competencias y facultades de los delegados de prevención.

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 18 de la Ley 31/1995 deberá también informarse directamente a cada trabajador de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función.

#### **Artículo 9. Información y formación de los trabajadores.**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995, el empresario velará porque los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a un nivel de ruido igual o superior a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y/o sus representantes reciban información y formación relativas a los riesgos derivados de la exposición al ruido, en particular sobre:

El artículo 18.1 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece la obligación del empresario de transmitir la información a los trabajadores a través de sus representantes, cuando existan. No obstante, la información relativa a los riesgos de un puesto de trabajo determinado debe comunicarse directamente al trabajador de ese puesto.

El artículo 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, referente a la formación de los trabajadores, dispone que el empresario garantice que cada trabajador reciba formación en materia pre-

ventiva en el momento de su contratación, cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. Esta formación, sufragada siempre por la empresa, será teórica y práctica, suficiente y adecuada, estará centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador y deberá impartirse por la empresa mediante recursos propios o ajenos. Sea cual sea la opción elegida, el técnico que la realice acreditará la cualificación requerida en el capítulo VI del Real Decreto 39/1997, que como mínimo

corresponderá a funciones de nivel intermedio. Se realizará dentro de la jornada de trabajo o, en su

defecto, en otras horas pero con el descuento en aquélla del tiempo invertido en la misma.

a) la naturaleza de tales riesgos;

El conocimiento de las causas, consecuencias y síntomas iniciales de la hipoacusia (como principal efecto de la exposición a ruido), así como su carácter irreversible cuando es debida a exposición prolongada a lo largo de la vida laboral, son informaciones esenciales para los trabajadores. En

función del tipo de actividad desarrollada pueden cobrar importancia también otros efectos derivados de la exposición a ruido en el puesto de trabajo, tales como falta de concentración, estrés, dificultad en la comunicación, etc.

b) las medidas tomadas en aplicación del presente real decreto con objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados del ruido, incluidas las circunstancias en que aquéllas son aplicables;

Es importante que los trabajadores conozcan cuándo y dónde han sido aplicadas las medidas de prevención, así como su efectividad según las características del ruido y el tipo de exposición. Se incluirá información sobre las medidas de tipo téc-

nico (encerramiento, superficies absorbentes, mantenimiento de equipos, etc), y sobre las de tipo organizativo y sobre el procedimiento de trabajo (reducción del tiempo de exposición, señalización, uso de protectores auditivos, etc).

c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción establecidos en el artículo 5;

Los trabajadores conocerán el significado de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, y las distintas acciones que se derivan de su superación. Para ayudar a reconocer en qué rango de decibelios se encuentra un

determinado ruido, puede ser útil ofrecer a los trabajadores ejemplos sobre operaciones comunes en el trabajo e incluso de la vida cotidiana y el nivel de ruido que generan.

d) los resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido efectuadas en aplicación del artículo 6, junto con una explicación de su significado y riesgos potenciales;

Se ofrecerán criterios sencillos que permitan reconocer niveles de ruido que puedan ser dañinos (por ejemplo, identificar pitidos o hipoacusia temporales después de haber estado expuestos a ruido). Se hará especial énfasis en que tanto el nivel de ruido existente como el tiempo de exposición a dicho ruido son factores determinantes del

riesgo para decidir si éste es aceptable o si, por el contrario, deben tomarse medidas.

Asimismo, en caso de existir presencia de sustancias ototóxicas o vibraciones, es importante que los trabajadores conozcan que son factores capaces de modular los efectos de la exposición a ruido.

e) el uso y mantenimiento correctos de los protectores auditivos, así como su capacidad de atenuación;

Además de las medidas mencionadas en el apartado b), el Real Decreto 773/1997 establece la obligación del empresario de informar a los traba-

jadores, previamente al uso de los protectores auditivos, de los riesgos contra los que les protegen, así como de las actividades u ocasiones en las



que deben utilizarse. A tal efecto, se ofrecerá información y formación específica, teórica y práctica, sobre los protectores auditivos, dada su importancia en la prevención del riesgo cuando no ha sido posible eliminar o reducir el ruido suficientemente en origen. Es de gran importancia transmitir a los trabajadores que la no utilización del protector, aunque sea durante un tiempo corto en relación con la duración de la tarea, implica una situación de desprotección que puede generar un riesgo por desconocimiento o infravaloración del mismo. Este concepto debe constituir la base del contenido técnico del programa formativo. Además de ello, es necesario que los trabajadores conozcan qué actividades requieren el uso de EPI, y que las zonas donde exista dicha obligación se señalicen según las disposiciones del Real Decreto 485/1997.

Es esencial que el trabajador reciba instrucciones precisas, preferentemente por escrito, sobre la

correcta colocación del protector auditivo y sobre cómo proceder a su mantenimiento y almacenamiento, siempre de acuerdo con las indicaciones del folleto informativo facilitado por el fabricante y que debe acompañar al equipo. El folleto informativo así como el resto de documentación informativa facilitada por el fabricante estarán a disposición de los trabajadores. Dichas instrucciones serán comprensibles para los trabajadores y estarán adaptadas a las particularidades del puesto de trabajo.

Es recomendable complementar la formación anterior con sesiones de entrenamiento, cuando proceda. Tales sesiones son especialmente necesarias en los supuestos de uso simultáneo de distintos EPI (por ejemplo, protección auditiva, craneal o respiratoria) y, con carácter general, siempre que se precise para garantizar el correcto uso de los equipos.

f) la conveniencia y la forma de detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva;

Pueden ofrecerse criterios para detectar indicios de pérdida auditiva por el propio trabajador tales como:

- dificultad para entender u oír las conversaciones en persona o por teléfono y, en particular, la dificultad para entender u oír las frecuencias más altas (sonidos agudos);
- recibir frecuentemente comentarios de otras personas acerca del elevado tono de voz utilizado;
- la existencia de pitidos en uno o ambos oídos;

- pérdidas temporales de audición después del trabajo, que a lo largo del tiempo pueden convertirse en pérdidas permanentes.

La existencia de un canal de comunicación efectivo en la empresa (servicio de prevención, responsable de prevención, responsable de la vigilancia de la salud, delegados de prevención, etc.) facilita que los trabajadores informen de alguna de las circunstancias anteriores.

g) las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta vigilancia de la salud, de conformidad con el artículo 11;

El trabajador tiene derecho a ser informado del contenido del historial médico relativo a su salud auditiva, tal y como establece el artículo 22 de la

Ley 31/1995 y, previa solicitud, tiene derecho a acceder a dicho historial, según establece el artículo 11 del presente real decreto.

h) las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición al ruido.

Cuando los resultados de la evaluación pongan de manifiesto la necesidad de adoptar medidas específicas de protección o determinadas pautas de comportamiento de los trabajadores para reducir el riesgo de exposición, pueden elaborarse procedimientos o, en su caso, instrucciones precisas de trabajo en los que se recoja información como:

- la localización de las fuentes de ruido, de manera que el trabajador pueda protegerse convenientemente de ellas,
- los criterios de revisión y mantenimiento de los equipos de trabajo a fin de evitar ruido y vibraciones innecesarias,
- en trabajos móviles, la colocación adecuada de los equipos ruidosos para que afecten menos a los

demás trabajadores presentes en la zona, incluyendo la posibilidad de apantallar dichos equipos,

- otras prácticas o procedimientos que permitan la reducción de la exposición a ruido.

#### Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este real decreto y, en particular, respecto a las indicadas a continuación, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 de la Ley 31/1995:

El artículo 18.2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece la obligación del empresario de consultar con la debida antelación (artículo 33 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales) a los trabajadores y permitir su participación y la elaboración de propuestas en materia

de prevención de riesgos laborales, sin que ello vaya en detrimento del derecho del empresario a decidir las acciones que deben tomarse, ni suponga limitación de su responsabilidad en la prevención de los riesgos laborales.

a) la evaluación de los riesgos y la determinación de las medidas que se han de tomar contempladas en el artículo 6;

La evaluación de riesgos y la planificación de las medidas preventivas son dos momentos clave para la participación de los trabajadores. El trabajador, como conocedor del proceso generador del ruido, puede aportar información valiosa sobre

los momentos críticos o particulares en relación con la exposición al ruido, aspecto que puede determinar la estrategia de medición a considerar, así como el diseño del tipo de medida preventiva a implantar.

b) las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos derivados de la exposición al ruido contempladas en el artículo 4;

El trabajador puede aportar sugerencias en relación con la mejora de las soluciones técnicas halladas para el control del ruido, que minimicen la

incomodidad en su trabajo e incluso mejoren el resultado de las medidas preventivas.

c) la elección de protectores auditivos individuales contemplados en el artículo 7.1.c).

La decisión sobre la necesidad de usar EPI, valorando las circunstancias establecidas en el artículo 7 del presente real decreto, es responsabilidad del empresario, normalmente a través del técnico de prevención de riesgos laborales.

La consulta a los trabajadores se realizará acerca de los diferentes modelos de protectores que ofrezcan una misma eficacia, de forma que puedan elegir aquel que se ajuste mejor a sus necesidades minimizando posibles incomodidades y fomentando, donde sea necesario, la utilización de los mismos.

Hay que recordar que los trabajadores, como usuarios habituales de los protectores auditivos, están obligados a utilizar y cuidar correctamente estos equipos, a colocarlos en el lugar indicado después de su uso y a informar de cualquier defecto o deficiencia que pudieran detectar en ellos, tal y como establece el Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.



**Artículo 11. Vigilancia de la salud.**

1. Cuando la evaluación de riesgos prevista en el artículo 6.1 ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, y estos someterse a ésta, de conformidad con lo dispuesto en este artículo y en el artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997.

El empresario debe proporcionar una vigilancia de la salud a aquellos trabajadores para los cuales la evaluación de riesgos indica un riesgo para su salud. Ese riesgo para la salud estará ligado tanto al nivel, tipo y duración de la exposición, como a las características personales o condiciones especiales que puedan convertir al trabajador en especialmente sensible.

La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido se encuentra entre las excepciones a la voluntariedad citadas en el apartado 1 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Así mismo, a tenor del artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997, esta vigilancia de la salud deberá realizarse por el servicio de prevención pertinente que deberá contar como mínimo con un médico especialista en Medicina del Trabajo y con un enfermero de empresa, sin perjuicio de la participación de otros profesionales cualificados que, en el caso del ruido, podrían ser médicos o enfermeros que hayan adquirido la competencia adecuada u otros profesionales cualificados como los Técnicos en Audioprótesis.

2. Los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa, lleve a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción cuando la evaluación y la medición previstas en el artículo 6.1 indiquen que existe riesgo para su salud.

La prueba de referencia para valorar las alteraciones en la capacidad auditiva de los trabajadores es la audiometría tonal liminar por vía aérea. En esta prueba se determina el umbral auditivo del trabajador para frecuencias comprendidas entre 500 y 8000Hz. Distintos factores pueden influir en la validez de una audiometría y para ello las condiciones de realización deben ajustarse a unos criterios mínimos de calidad. Para una información más detallada sobre el particular se remite al lector a las diferentes notas técnicas de prevención que sobre el tema ha publicado el INSHT (<http://www.mtas.es/insht/ntp/index.htm>).

En virtud de este real decreto, el control audiométrico deberá garantizarse a todos aquellos trabajadores expuestos a niveles de ruido que superen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. También se garantizará cuando la exposición se encuentre entre los valores inferiores y superiores de exposición que dan lugar a una acción, si en la evaluación de riesgos se pone de manifiesto una especial sensibilidad o unas circunstancias de exposición atípicas o de difícil eva-

luación como las exposiciones fuera de la empresa pero sufridas a causa de la prestación laboral.

Las condiciones que pueden dar lugar a una mayor sensibilidad son todas aquellas que suponen una mayor vulnerabilidad coclear o retrococlear como, por ejemplo:

- la exposición concomitante a ototóxicos tanto de origen laboral como extralaboral (ejemplo: fármacos, tabaco),
- ciertas alteraciones metabólicas como la diabetes o las hipomagnesemias severas,
- infecciones óticas,
- hipertensión arterial,
- antecedentes de traumatismo craneal con afectación coclear,
- la ausencia del reflejo del estapedio,
- los mayores de 50 años,
- etc.

Se ha descrito también un riesgo adicional de pérdida de audición, para un nivel de exposición a ruido similar, en los expuestos a vibraciones mecánicas en el sistema mano-brazo.

Así mismo, en la Comunicación de la Comisión Europea COM (2000) 466 final sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos así como los procedimientos industriales considerados como peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz recientemente o en periodo de lactancia, se considera que la exposición prolongada a niveles de ruido elevados puede:

- aumentar la presión arterial y la fatiga de la mujer embarazada,
- afectar a la capacidad auditiva del futuro niño, pudiendo las bajas frecuencias aumentar los efectos nocivos.

Sería pues aconsejable que en ningún caso se rebasen los límites establecidos en este real decreto, teniendo en cuenta además que la protección auditiva en la madre no protege en ningún caso al feto.

En lo referente a la cualificación, se considerará idóneo para la realización del control audiométrico un médico o un enfermero que haya recibido la formación teórica y práctica pertinente o un técnico superior en audioprótesis de forma que se asegure la repetibilidad y fiabilidad de las audiometrías.

Dichos controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos a que hace referencia el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997 y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido y la preservación de la función auditiva. Su periodicidad será, como mínimo, cada tres años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada cinco años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

En la actualidad existe un protocolo de vigilancia médica informado favorablemente por el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud disponible en <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/ruido.pdf> cuya utilización debería ajustarse a los nuevos criterios en lo que se refiere a los niveles de exposición y a la consideración de los efectos extrauditivos y de las interacciones con otras exposiciones como ototóxicos o vibraciones.

La periodicidad, teniendo en cuenta la normativa general aplicable a la vigilancia de la salud, sería:

- Reconocimiento inicial, después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud. El objetivo de la misma sería disponer de un estado de salud de base que facilitaría el seguimiento ulterior y la detección de trabajadores especialmente sensibles.

- Reconocimiento periódico específico, cada 3 años como mínimo para trabajadores cuya exposición supera los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, y cada 5 años si su exposición supera los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

- Reconocimiento después de una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir si guardan relación o pueden atribuirse a la exposición a ruido o si ha aparecido una especial sensibilidad, ya sea temporal o permanente.

Con relación a los especialmente sensibles esta periodicidad dependerá tanto de las características de la exposición como de las causas de esa especial sensibilidad. Un aumento de la frecuencia sería recomendable tanto en los trabajadores mayores de 50 años por una mayor fragilidad coclear como durante los dos primeros años de exposición ya que la progresión de la lesión, en caso de producirse, es más rápida al principio.

En el caso de la exposición combinada a ruido y a agentes ototóxicos o a vibraciones sería conveniente proceder al control audiométrico independientemente del nivel de exposición, estableciendo una mayor frecuencia en la realización en función del nivel y características de la exposición a los agentes químicos o a las vibraciones.

Así mismo, la periodicidad podrá verse afectada si, por causas excepcionales ligadas a la seguridad, el trabajador debe prescindir de los protectores auditivos.

3. La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral de los trabajadores sujetos a la misma con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias se ajustará a lo establecido en el artículo 22, apartados 2, 3 y 4, de la Ley 31/1995 y en el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

La realización de la vigilancia de la salud deberá documentarse (según el anteriormente mencionado protocolo) y actualizarse tanto a nivel clínico como de exposición debiendo la unidad básica de salud garantizar la confidencialidad de los datos y el uso de los mismos para el fin para los que han sido recogidos.

El trabajador podrá ejercer su derecho de acceso a los datos que le atañen personalmente y solicitar las copias pertinentes. Sería recomendable que dicha solicitud se realizara por escrito mediante impreso normalizado.

4. Cuando el control de la función auditiva ponga de manifiesto que un trabajador padece una lesión auditiva diagnosticable, el médico responsable de la vigilancia de la salud evaluará si la lesión puede ser consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. En tal caso:

a) el médico u otro personal sanitario competente comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente;

b) por su parte, el empresario deberá:

1º) revisar la evaluación de los riesgos efectuada con arreglo al artículo 6;

2º) revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de exigir el uso de los protectores auditivos en el supuesto a que se refiere el apartado 1.a) del artículo 7, durante la revisión de aquellas medidas y hasta tanto se eliminan o reducen los riesgos;

3º) tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquiera otra medida que se considere necesario para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición;

4º) disponer una vigilancia sistemática de la salud y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.

La detección de una audiometría alterada requerirá un control audiométrico adicional, preferentemente en los 30 días siguientes para comprobar, después de un periodo de reposo de al menos 14 horas, si se mantiene el cambio de umbral. Después de analizar varios criterios el NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, USA) aconseja el uso del 15 dB TWICE (500-6000 Hz) que considera como cambio de umbral significativo una disminución, en cualquiera de los dos oídos, de 15 dB o más en cualquier frecuencia entre 500 y 6000 Hz y que persiste en la misma frecuencia y en el mismo oído en la audiometría de confirmación.

Una audiometría de características y evolución compatible y una exposición crónica a ruido será suficiente en muchos casos para diagnosticar la lesión auditiva de origen laboral. En otros casos, y a criterio médico, será necesario recurrir a pruebas

complementarias para establecer el diagnóstico diferencial. Ejemplos de estas pruebas son la impedanciometría y las otoemisiones acústicas, que nos permiten localizar la lesión en la zona coclear o retrococlear o la audiometría de altas frecuencias para descartar la presbiacusia.

El control audiométrico de confirmación debería acompañarse de una revisión de cualquier circunstancia o condición sobrevenida que pueda dar lugar a una alteración auditiva como la exposición a agentes ototóxicos o la ingesta de fármacos, entre otras.

El trabajador debe ser informado de los resultados de su audiometría así como, de considerarse alterada, de las posibles actuaciones ulteriores. La práctica habitual en las unidades básicas de salud de los servicios de prevención propios es la entrega personal de los resultados por escrito y la comunicación oral por parte del personal sanitario

del resultado anómalo de la audiometría, de la necesidad de comprobación y estudio subsiguiente. En los servicios de prevención ajenos esa comunicación puede resultar más difícil, por lo que ésta podría realizarse por escrito en un primer momento y ser completada en el momento del control audiométrico de confirmación.

Una vez confirmada la lesión auditiva, el empresario deberá revisar la evaluación de riesgos para comprobar si se ha producido algún cambio en el nivel de exposición o si las medidas preventivas aplicadas son inadecuadas. Asimismo, el empresario podrá exigir el uso de protecciones personales si se superan los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y mientras se subsana la deficiencia.

Una situación especial correspondería a la existencia de una alteración temporal derivada de la ingesta de fármacos ototóxicos que aconsejaría el uso de protectores auditivos por parte del trabaja-

dor afectado en tanto se mantenga dicho fármaco en el organismo o de forma continua si la toma del mismo es crónica o si la lesión es permanente.

La unidad básica de salud del servicio de prevención responsable de la vigilancia de la salud deberá proponer al empresario medidas de prevención ajustadas a cada uno de los trabajadores con necesidades especiales. Esas medidas pueden consistir desde una mayor periodicidad de la vigilancia a una restricción de tareas, adaptación del tiempo de trabajo, uso de protectores auditivos, una nueva organización del trabajo o incluso un alejamiento temporal o permanente del lugar de trabajo habitual.

La confirmación de la lesión auditiva en un trabajador añade un nuevo tipo de reconocimiento a los ya comentados. Es el reconocimiento que debe hacerse al grupo de trabajadores del que procede aquél y que se encuentran en una situación de exposición similar.

#### Artículo 12. Excepciones.

1. En las situaciones excepcionales en las que, debido a la índole del trabajo, la utilización plena y adecuada de protectores auditivos individuales pueda causar un riesgo mayor para la seguridad o la salud que el hecho de prescindir de ellos, el empresario podrá dejar de cumplir, o cumplir parcialmente, lo dispuesto en los artículos 7.1.a), 7.1.b) y 8.

La atenuación que producen los protectores auditivos puede enmascarar sonidos necesarios para el desarrollo normal del trabajo, pero las excepciones, a las que se refiere este artículo, son situaciones en las que existe otro riesgo para la seguridad o la salud (además del de pérdida de audición) que se ve incrementado por el hecho de usar el protector auditivo. En la condición de excepcionalidad debería valorarse hasta qué punto no se puede reducir suficientemente ese otro riesgo, de forma que no se vea afectado por el uso de los protectores auditivos.

Al comparar el riesgo de pérdida de audición con otros posibles riesgos para la seguridad o la salud, cuya prevención se considera prioritaria, el real decreto lo hace en cuanto a la gravedad de las posibles consecuencias de éstos.

En dichas situaciones excepcionales se podrá obtener exención respecto a la necesidad de suministrar protectores auditivos cuando se superen los valores inferiores de exposición y a la obligatoriedad de uso durante la ejecución del programa de medidas técnicas o de organización cuando se superen los valores superiores de exposición.

Como consecuencia, cuando no sea posible el uso de protectores auditivos, por los motivos especificados, también puede limitarse la obligación de cumplir con el artículo 8, en el que se establecen las limitaciones a la exposición al ruido, siempre y cuando se hayan explotado previamente todas las posibilidades de reducir la exposición y justificarse como se indica en el apartado 2.

Valga de ejemplo una situación de trabajo en la que el uso de protectores auditivos impide la audición de una señal acústica de peligro. Antes de entrar en la consideración de excepcionalidad en las obligaciones mencionadas, la empresa se debería plantear, entre otras, las siguientes cuestiones:

1. ¿Se han aplicado todas las medidas preventivas, técnicamente posibles, para reducir el riesgo del que la señal acústica intenta advertir?
2. ¿Se han aplicado las medidas posibles de reducción de la exposición al ruido, incluida la reducción del tiempo de exposición?
3. ¿Se cumplen las condiciones que el real decreto determina para la utilización de protecto-

res auditivos como medida de reducción de la exposición?

4. ¿Se ha estudiado la adecuación del espectro frecuencial de atenuación del protector auditivo al correspondiente de la señal acústica? De esta forma puede adquirirse un modelo de protector auditivo que, protegiendo fundamentalmente de

ciertas octavas del ruido existente, permita superar el umbral de enmascaramiento de la señal acústica. Esto incluye la posibilidad de utilizar protectores auditivos no pasivos, que modifican su atenuación en función del ruido existente, siempre que dispongan de la correspondiente certificación.

2. Dicha circunstancia deberá razonarse y justificarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes, y constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales. Además, deberá comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a ésta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, así como el período de tiempo estimado en el que permanecerán las circunstancias que la motivan, a efectos de que aquélla pueda comprobar que se dan esas condiciones que justifican la utilización de la excepción. En cualquier caso, el empresario deberá adoptar las medidas técnicas y organizativas que garanticen, teniendo en cuenta las circunstancias particulares, la reducción a un mínimo de los riesgos derivados de ellas. Además, la vigilancia de la salud se realizará de forma más intensa, según se establezca para cada caso en el protocolo de vigilancia sanitaria específica a que se refiere el artículo 11.2.

Las situaciones que justifiquen la aplicación de estas medidas de exención del cumplimiento de las obligaciones de los artículos 7.1.a), 7.1.b) y 8, deberán motivarse expresa y objetivamente y deducirse de la evaluación de riesgos, en la que se explicitará el porqué de la incompatibilidad entre el cumplimiento de las exigencias de los citados artículos y la situación excepcional que se alega. Asimismo deberá quedar de manifiesto que el bien que se pretende salvaguardar es superior, preferente y prevalente a las consecuencias que puedan derivarse del incremento del riesgo derivado de la exposición a niveles de ruido por encima de los valores límite de exposición. Debe asimismo preverse y concretarse el tiempo durante el cual va a ser necesaria la aplicación de estas medidas excepcionales y justificar que su duración será la menor posible.

En cumplimiento del artículo 33 de la LPRL y, en concreto con el epígrafe 1 f), el empresario deberá consultar con los trabajadores y/o sus representantes la adopción de tales medidas.

Asimismo, tal situación debe comunicarse a la autoridad laboral y la comunicación comportará el envío de aquella parte de la evaluación de riesgos que justifique la excepción y la concreción del período de tiempo durante el que se prevé que durará esta situación, pudiendo la autoridad laboral comprobar la veracidad de los datos aportados.

Aun en el caso de aplicarse estas medidas de excepción y, por tanto, de estar exento, total o parcialmente, del cumplimiento del artículo 8, el empresario deberá seguir adoptando aquellas medidas técnicas y organizativas de reducción al máximo del riesgo, en el contexto de las limitaciones ocasionadas por las circunstancias concretas que motivan la aplicación de estas medidas excepcionales.

En lo concerniente a la vigilancia de la salud, la periodicidad de la misma así como su contenido deberán ajustarse a esta circunstancia, teniendo en cuenta siempre lo recomendado en el protocolo de vigilancia médica aplicable.

**Disposición adicional primera. Información de las autoridades laborales.**

A efectos de dar cumplimiento a la obligación de transmitir a la Comisión Europea la lista de excepciones, la autoridad laboral competente remitirá cada cuatro años desde la entrada en vigor del presente real decreto al Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales la lista de las excepciones que en sus respectivos territorios se apliquen en virtud de lo dispuesto en el artículo 12, indicando las circunstancias y razones precisas que fundamentan dichas excepciones.



**Disposición adicional segunda. Elaboración y actualización de la Guía técnica.**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición al ruido en los lugares de trabajo. Esta Guía incluirá o se complementará con un Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios de los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales tal como quedan establecidas en el presente real decreto.

Se trata de la presente Guía

**Disposición transitoria única. Normas transitorias.**

1. El presente real decreto no será de aplicación en los sectores de la música y el ocio hasta el 15 de febrero de 2008.

Hasta ese momento permanece en vigor el Real Decreto 1316/1989.

2. El artículo 8 del presente real decreto no será de aplicación al personal a bordo de buques de navegación marítima hasta el 15 de febrero de 2011.

**Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.**

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo previsto en el presente real decreto y específicamente el Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, salvo para los sectores de la música y el ocio, en los que seguirá vigente hasta el 15 de febrero de 2008.

**Disposición final primera. Incorporación de derecho de la Unión Europea.**

Mediante este real decreto se incorpora al derecho español la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

**Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.**

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe favorable del de Sanidad y Consumo y del de Industria, Turismo y Comercio, y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este real decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Dado en Madrid, el 10 de marzo de 2006

JUAN CARLOS R.

La Vicepresidenta Primera del Gobierno  
y Ministra de la Presidencia

MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ

## ANEXO I DEFINICIONES

1. Nivel de presión acústica,  $L_p$ : El nivel, en decibelios, dado por la siguiente expresión:

$$L_p = 10 \lg \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

donde  $P_0$  es la presión de referencia ( $2 \cdot 10^{-5}$  pascales) y  $P$  es la presión acústica, en pascales, a la que está expuesto un trabajador (que puede o no desplazarse de un lugar a otro del centro de trabajo).

El nivel de presión acústica es una medida de la cantidad de energía asociada al ruido. La presión de referencia  $P_0$  corresponde al umbral de audición humana, que por convenio se elige como  $2 \cdot 10^{-5}$  pascales para medios gaseosos, mientras que el otro extremo del

intervalo de presiones que puede percibir, que corresponde al umbral de dolor, es de 200 pascales. Con una escala así definida, el valor mínimo de la sensibilidad auditiva humana corresponde a un nivel de presión sonora de 0 dB y el umbral de dolor a 140 dB.

2. Nivel de presión acústica ponderado A,  $L_{pA}$ : Valor del nivel de presión acústica, en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A, dado por la siguiente expresión:

$$L_{pA} = 10 \lg \left( \frac{P_A}{P_0} \right)^2$$

donde  $P_A$  es la presión acústica ponderada A, en pascales.

El nivel de presión acústica ponderado A es una medida de la capacidad del ruido de dañar permanentemente el oído humano.

La razón de introducir un factor de ponderación en las determinaciones del nivel de presión acústica estriba en que el oído humano no tiene la misma respuesta a todas las frecuencias audibles. Este factor de ponderación

(que viene establecido en la norma UNE-EN 61672: 2005) se incorpora al instrumento de medida mediante un circuito electrónico capaz de modificar la señal captada por el micrófono de forma similar a como lo hace el oído humano. Los resultados de las mediciones de nivel de presión acústica obtenidas utilizando esta ponderación deben identificarse como dB(A).

3. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A,  $L_{Aeq,T}$ : El nivel, en decibelios A, dado por la expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$

donde  $T = t_2 - t_1$  es el tiempo de exposición del trabajador al ruido.

El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A es el que tendría un ruido continuo que en el mismo tiempo de exposición transmitiera la misma energía que el ruido variable considerado.

El tiempo de exposición puede coincidir con el tiempo de medición del nivel de ruido, aunque en general este último será menor.



4. Nivel de exposición diario equivalente,  $L_{Aeq,T}$ : El nivel, en decibelios A, dado por la expresión:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \frac{T}{8}$$

donde T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.

Si un trabajador está expuesto a «m» distintos tipos de ruido y, a efectos de la evaluación del riesgo, se ha analizado cada uno de ellos separadamente, el nivel diario equivalente se calculará según las siguientes expresiones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(L_{Aeq,d})_i} = 10 \lg \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \cdot 10^{0,1 L_{Aeq,T_i}}$$

donde  $L_{Aeq,T_i}$  es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A correspondiente al tipo de ruido «i» al que el trabajador está expuesto  $T_i$  horas por día, y  $(L_{Aeq,d})_i$  es el nivel diario equivalente que resultaría si solo existiese dicho tipo de ruido.

5. Nivel de exposición semanal equivalente,  $L_{Aeq,s}$ : El nivel, en decibelios A, dado por la expresión:

$$L_{Aeq,s} = 10 \lg \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1 L_{Aeq,d_i}}$$

donde «m» es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y  $L_{Aeq,d_i}$  es el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día «i».

En las circunstancias que admite el artículo 5.3 del presente real decreto, el valor de «m» puede ser como máximo 7.

6. Nivel de pico,  $L_{pico}$ : Es el nivel, en decibelios, dado por la expresión:

$$L_{pico} = \left[ \frac{P_{pico}}{P_0} \right]^2$$

Donde  $P_{pico}$  es el valor máximo de la presión acústica instantánea (en pascales) a que está expuesto el trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C y  $P_0$  es la presión de referencia ( $2 \cdot 10^{-5}$  pascales).

En el caso de ruidos con impactos muy diferenciados (martillazos, disparos, etc.) la evaluación de la capacidad agresiva requiere la medición del nivel máximo de presión acústica alcanzado (nivel de pico) y el empleo de la escala de ponderación C, que se

incorpora al instrumento de medida mediante un circuito electrónico (ver apéndice 5).

Las mediciones realizadas utilizando esta escala de ponderación se indican con la notación dB(C).

7. Ruido estable: Aquel cuyo nivel de presión acústica ponderado A permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimo de LpA, medido utilizando las características «SLOW» de acuerdo a la norma UNE-EN 60651:1996, es inferior a 5 dB.

## ANEXO II MEDICIÓN DEL RUIDO

1. Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado.

2. Número y duración de las mediciones: El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente real decreto. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse: a) por suponer que se supera dicho límite o nivel, o b) por incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones (tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente.

En el caso de la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre deberá estimarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos.

3. Las incertidumbres de medición a las que se hace referencia en el apartado anterior se determinarán de conformidad con la práctica metrológica.

Los comentarios a este anexo se encuentran recogidos en el apéndice 5 de esta Guía técnica.

## ANEXO III INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONDICIONES DE APLICACIÓN

La Ley 3/1985, de 18 de marzo, de metrología y el Real Decreto 889/2006, de 21 de julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida (y que deroga al Real Decreto 1616/1985), definen el campo de aplicación de la Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la realización de mediciones reglamentarias de niveles de sonido audible y de los calibradores acústicos. Los organismos oficiales, servicios de prevención y usuarios incluidos dentro del campo de aplicación de dicha Orden, deberán utilizar una instrumentación que cumpla los requerimientos indicados en la misma, entre los que se encuentran los relativos a: certificado de conformidad, verificación después de reparación o modificación y verificación periódica.

Los instrumentos de medida recogidos en esta Orden son: sonómetros, medidores personales de

exposición denominados dosímetros y calibradores acústicos.

Se consideran mediciones reglamentarias aquellas que se realizan con objeto de cumplir las disposiciones de una ley, real decreto, orden o cualquier otra disposición reglamentaria.

Para realizar mediciones reglamentarias, toda la instrumentación a la que se hace referencia en este Anexo III deberá ser comprobada (sonómetros) y ajustada (dosímetros) tal y como se indica en el Apéndice 5, mediante un calibrador acústico que cumpla las especificaciones de la norma UNE-EN 60942:2005, antes y después de cada medición o serie de mediciones. Dicho calibrador debe ser verificado periódicamente, según lo establecido en el capítulo IV de la Orden ITC/2845/2007. En el caso de que algún instrumento sea reparado o modificado, éste deberá pasar la verificación después de una reparación o modificación, indicada en el capítulo III de dicha Orden.

Para la realización de medidas no reglamentarias (por ejemplo: comprobación de la eficacia de las medidas de reducción acústica, medida de aislamientos acústicos, localización de fuentes sonoras, etc.), se debería disponer de instrumentación con certificado de conformidad. El certificado de conformidad de un instrumento implica el reconocimiento de que el mismo responde a los requisitos esenciales, metrológicos y técnicos exigidos en la Orden ITC/2845/2007. Los sonómetros, dosímetros y calibradores acústicos deberán incorporar en una parte visible de los mismos la información requerida por esta Orden. Además, es recomendable realizar las

comprobaciones necesarias, antes y después de cada medición o serie de mediciones con un calibrador acústico, así como la verificación después de una reparación o modificación, siguiendo las mismas pautas indicadas anteriormente para la instrumentación utilizada en mediciones reglamentarias.

El Real Decreto 286/2006 no incrementa significativamente las exigencias técnicas de la instrumentación de medida del Real Decreto 1316/1989, por lo que prácticamente todos los equipos utilizados en el cumplimiento del mismo pueden ser empleados en la determinación de los valores indicados en el Artículo 5 de dicho Real Decreto.

### 1. Medición del Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ )

A partir de la publicación de la Orden ITC/2845/2007 las normas UNE-EN 60651 de junio de 1996 y UNE-EN 60804 de abril de 2002, referenciadas en el Real Decreto 286/2006, han sido sustituidas por las normas UNE-EN 61672-1 (Electroacústica. Sonómetros. Especificaciones), UNE-EN 61672-2 (Electroacústica. Sonómetros. Ensayos de evaluación de modelo) y el documento IEC 61672-3:2006 o la correspondiente versión oficial en español como norma UNE-EN 61672-3 (Ensayos periódicos).

En la norma UNE-EN 61672-1:2005, se dan las especificaciones de funcionamiento electroacústico para tres tipos de instrumento de medida del sonido:

- un sonómetro convencional que mide niveles de sonido con ponderación temporal exponencial
- un sonómetro integrador-promediador que mide niveles de sonido promediados en el tiempo
- un sonómetro integrador que mide niveles de exposición sonora (denominado dosímetro en el real decreto).

Se dan, así mismo, especificaciones de funcionamiento adicionales para la medida del nivel máximo

de presión acústica ponderada temporalmente y para nivel de pico con ponderación C.

Indica que los sonómetros, como mínimo, deben cumplir las siguientes especificaciones:

- un sonómetro convencional debe poder indicar niveles de sonido con ponderación frecuencial A y ponderación temporal F;
- un sonómetro integrador-promediador debe poder indicar niveles de sonido con ponderación A promediados temporalmente;
- un sonómetro integrador debe poder indicar niveles de exposición sonora con ponderación A.

La norma UNE-EN 61672-2: 2005 contiene todos los detalles de los ensayos necesarios para verificar la conformidad con todas las especificaciones obligatorias indicadas en la norma UNE-EN 61672-1:2005 para sonómetros convencionales, sonómetros integradores-promediadores y sonómetros integradores (dosímetros).

El documento IEC 61672-3:2006 o la correspondiente versión oficial en español como norma UNE-EN 61672-3 especifica los ensayos a realizar a los sonómetros para su verificación periódica anual.

**Sonómetros:** Los sonómetros (no integradores-promediadores) podrán emplearse únicamente para la medición de Nivel de presión acústica ponderado A ( $L_{pA}$ ) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual al Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ) de dicho ruido. El Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) se calculará con las expresiones dadas en el punto 4 del anexo 1.

Se considera que un ruido es estable cuando el nivel de presión acústica ponderada A ( $L_{pA}$ ) permanece esencialmente constante en el tiempo. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $L_{pA}$ ,

medido utilizando la característica S (lenta), sea inferior a 5 dB(A).

La norma UNE-EN 61672-1:2005 denomina a los sonómetros (no integradores-promediadores) como sonómetros convencionales.

Los sonómetros deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60651:1996 para los instrumentos de <<clase 2>> (disponiendo, por lo menos de la característica <<SLOW>> y de la ponderación A) o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase.

Como ya se ha indicado en el primer párrafo del punto 1 de este anexo, la norma UNE-EN 60651:1996 ha sido sustituida por la norma UNE-EN 61672, lo que no implicará que deba cambiarse la instrumentación de medida utilizada hasta el momento presente. Tal y como se indica en ISO/CD 9612 del 31/05/2006 (revisión de la norma ISO 9612:1997) la mayoría de los instrumentos de medida del nivel acústico que cumplen los requerimientos dados en IEC 60651:2001 e IEC 60804:2000 también cumplen los requerimientos de IEC 61672.

En la disposición transitoria primera de la Orden ITC/2845/2007 se indica que todos los sonómetros y calibradores acústicos que cumplieran los requisitos establecidos en la Orden del Ministerio de Fomento de 16 de diciembre de 1998 antes de la publicación del Real Decreto 889/2006 de 21 de julio, *podrán seguir siendo utilizados* siempre que superen las fases de verificación después de reparación o modificación y de verificación periódica de acuerdo con los ensayos metrológicos establecidos en dicha Orden de 16 de diciembre de 1998 durante todo el periodo de su vida útil.

**Sonómetros integradores-promediadores:** Los sonómetros integradores-promediadores podrán emplearse para la medición del Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ) de cualquier tipo de ruido. El Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) se calculará mediante las expresiones dadas en el punto 4 del anexo 1.

Estos sonómetros integradores-promediadores pueden ser utilizados en la medida del ruido continuo o estable, del ruido discontinuo y del ruido de impulso o impacto.

Para decidir si un ruido contiene o no componentes impulsivos significativos puede utilizarse la comparación entre los niveles de presión acústica ponderados A, determinados con la constante temporal "I" (impulso),  $L_{pAeq}$  con los valores correspondientes de

$L_{pAeq}$  para el mismo ciclo de funcionamiento. Se realiza la comparación en una o varias posiciones de micrófono y se miden al menos cinco ciclos de funcionamiento en cada posición. La diferencia ( $L_{pAeq} - L_{pAeq}$ ) se define como el índice de impulsividad del ruido.

Si el valor medio del índice de impulsividad es mayor o igual que 3 dB, el ruido se puede considerar como impulsivo.

Los sonómetros integradores-promediadores deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60804:1996 para los instrumentos de <<clase 2>> o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase.

Como ya se ha indicado anteriormente la norma UNE-EN 60804:1996 ha sido sustituida por la norma UNE-EN 61672.

**Dosímetros:** Los medidores personales de exposición al ruido (dosímetros) podrán ser utilizados para la medición del Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) de cualquier tipo de ruido.

Los medidores personales de exposición al ruido deberán ajustarse a las especificaciones de la norma UNE-EN 61252:1998 o a las de cualquier versión posterior de dicha norma.

Los medidores personales de exposición al ruido, también denominados dosímetros, miden la exposición sonora resultante de sonidos estacionarios, intermitentes, fluctuantes, irregulares o impulsivos.

La norma UNE-EN 61252:1998 especifica requisitos de funcionamiento acústico y eléctrico para medidores personales de exposición sonora (dosímetros) de una clase de precisión que corresponde a la de un

sonómetro integrador que cumple con los requisitos de la <<clase 2>> de la norma CEI 804 para un margen de presión acústica con ponderación A de 80 dB a 130 dB y un margen nominal de frecuencias de 63 Hz a 8 kHz y que están pensados para ser portados por una persona para medir la exposición sonora. Por tanto, la utilización más adecuada de los dosímetros es la valoración acústica de los puestos de trabajo de movilidad elevada (por ejemplo, tareas de mantenimiento, alimentación de máquinas, etc.), cuyo nivel de exposición al ruido varía constantemente durante toda la jornada laboral y que por otros métodos sería muy compleja.

De acuerdo con esta norma, un medidor personal de exposición sonora está diseñado para medir la exposición sonora como la integral temporal del cuadrado de la presión acústica instantánea con ponderación frecuencial A. Este principio de funcionamiento es la base de la medida del nivel de exposición sonora de acuerdo con la norma CEI 804. Es la "tasa de intercambio de igual energía" por la que un aumento al doble (o una reducción a la mitad) del tiempo de integración de un nivel de sonido constante lleva a un aumento (o reducción) doble de la exposición sonora. Similarmente, un

aumento (o reducción) de 3 dB en un nivel de sonido de entrada constante para un tiempo de integración constante lleva a un aumento al doble (o una reducción a la mitad) de la exposición sonora.

La UNE-EN 61252/A1 de julio de 2003 añade un nuevo capítulo sobre "*Requisitos de compatibilidad electromagnética y electrostática y procedimientos de ensayo*" y un anexo C (informativo) sobre "*Límites de emisión*" a la norma anterior sin modificación del resto de su articulado.

## DOSÍMETROS EN SERVICIO

Los dosímetros en servicio a la entrada en vigor de la Orden ITC/2845/2007 *podrán seguir siendo utilizados* siempre que hayan superado satisfactoriamente lo establecido para la fase de control metrológico de verificación periódica regulada en el capítulo IV de dicha Orden, sin que a los mismos les sea aplicable el apartado 1 del artículo 14 de dicho capítulo. Los ensayos a realizar y los errores máximos permitidos serán los indicados en el anexo IV de la Orden ITC 2845/2007.

Para las siguientes verificaciones periódicas los ensayos a realizar y los errores máximos permitidos serán los indicados en el anexo V de dicha Orden.

### 2. Medición del nivel de pico ( $L_{pico}$ )

Los sonómetros empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si se sobrepasan los límites o niveles indicados en el artículo 4, deberán disponer de los circuitos específicos adecuados para la medida de valores pico. Deberán tener una constante de tiempo en el ascenso igual o inferior a 100 microsegundos, o ajustarse a las especificaciones establecidas para este tipo de medición en la norma UNE-EN 61672:2005 o versión posterior de la misma.

Pueden utilizarse para la medida de los valores pico los sonómetros convencionales, sonómetros integradores-promediadores y dosímetros que indiquen expresamente entre sus especificaciones la posibilidad de la medida del nivel de pico con ponderación C, con una constante de tiempo igual a o menor a 100 microsegundos.

En cada rango de niveles, el manual de instrucciones debe establecer el rango nominal de niveles de sonido con ponderación C de pico que son medidos dentro de los límites de tolerancia aplicables. En al menos el rango de niveles de referencia, la extensión del rango de niveles de pico debe ser al menos de 40 dB para indicaciones de niveles de sonido con ponderación C de pico.

No obstante, las medidas efectuadas con instrumentos que solo dispongan de la escala lineal se pueden considerar válidas, ya que las mismas siempre reflejarán valores más elevados que los indicados con la ponderación C, con lo que el aspecto de seguridad queda garantizado. Solamente en el caso de que el valor medido con la escala lineal supere los valores inferiores, superiores o límite de exposición y se quiera conocer con exactitud el nivel en dB(C), en relación con las medidas a adoptar posteriormente, sería necesaria la utilización de un instrumento con dicha ponderación.

Como resumen de las actuaciones a realizar con la instrumentación con motivo de la aprobación de la Orden ITC/2845/2007 de 25 de setiembre, podemos indicar:

## **INSTRUMENTACIÓN EN SERVICIO ANTES DE LA ORDEN**

### **Sonómetros y calibradores acústicos**

Pueden seguir utilizándose siempre que cumplan, como hasta ahora, la Orden del Ministerio de Fomento de 16 de diciembre de 1998 hasta el final de su vida útil.

### **Dosímetros**

Pueden seguir utilizándose siempre que superen satisfactoriamente lo establecido para la verificación periódica regulada en el capítulo IV, sin que les sea aplicable el apartado 1 del artículo 14 de ese capítulo. Los ensayos, como primera verificación, se realizarán según el anexo B de la norma UNE-EN 61252 (abril 1998) en un rango comprendido entre 80 dB y 140 dB.

Para las siguientes verificaciones periódicas se les aplicará el anexo V.

## **INSTRUMENTACIÓN POSTERIOR A LA ORDEN**

### **Sonómetros**

Certificado de conformidad (anexo III) según las normas UNE-EN 61672-1 (abril 2005) y UNE-EN 61672-2 (junio 2005).

Verificación después de reparación o modifica-

ción (anexo IV) según el documento IEC 61672-3:2006 o la correspondiente versión oficial en español como norma UNE-EN 61672-3.

Verificación periódica (anexo V) según el documento IEC 61672-3:2006 o la correspondiente versión oficial en español como norma UNE-EN 61672-3.

### **Calibradores acústicos**

Certificado de conformidad (anexo III) según la norma UNE-EN 60942 (enero 2005).

Verificación después de reparación o modificación (anexo IV) según el anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005.

Verificación periódica (anexo V) según el anexo B de la norma UNE-EN 60942 : 2005.

### **Dosímetros**

Certificado de conformidad (anexo III) según las normas UNE-EN 61252 (abril 1998) y UNE-EN 61252/A1 (julio 2003).

Verificación después de reparación o modificación (anexo IV) según el anexo B de la norma UNE-EN 61252 (abril 1998) en un rango comprendido entre 80 dB y 140 dB. Esta verificación será la aplicada a los dosímetros en servicio, como primera verificación.

Verificación periódica (anexo V) según el anexo B de la norma UNE-EN 61252 (abril 1998) en un rango comprendido entre 100 dB y 140 dB.



### III. APÉNDICES

#### APÉNDICE 1 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD

##### 1. INTRODUCCIÓN

El ruido es un agente que puede dar lugar a efectos tanto sobre el receptor del sonido (efectos auditivos) como de tipo fisiológico y comporta-

mental (efectos extrauditivos). En la tabla 1 se muestran, de forma esquemática, aquellos efectos para los que se dispone de evidencia y, si están disponibles, los niveles de ruido mínimo para los que han sido observados.

**TABLA 1**  
**Efectos del ruido sobre la salud**

EFECTO			Nivel de presión sonora dB(A)
Evidencia suficiente	Malestar	Ambiente de Oficina	55
		Ambiente Industrial	85
	Hipertensión		55-116
	Disminución de la capacidad auditiva	Adultos	75
		Feto	85
Evidencia limitada	Disminución del rendimiento		-
			-
	Efectos bioquímicos		-
	Efectos sobre el sistema inmunitario		-
	Influencia en la calidad el sueño		-
	Disminución del peso al nacer		-

(Extraído de: Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels (2004). Geneva, OMS)

##### 2. ALTERACIONES AUDITIVAS

El impacto del ruido sobre la función auditiva es el efecto mejor documentado. El ruido presente en el entorno tanto laboral como extralaboral puede dar lugar a alteraciones auditivas tempora-

les (fatiga auditiva) o permanentes (hipoacusia o sordera).

Esas lesiones dependen de factores como: la calidad de dicho ruido (a igual intensidad son más nocivas las frecuencias agudas); el espectro de frecuencias (un sonido puro de alta intensidad pro-

duce más daño que un sonido de amplio espectro); la intensidad, emergencia y ritmo (mayor capacidad lesiva del ruido de impulso, de carácter imprevisto y brusco); la duración de la exposición (exposición laboral y extralaboral); la vulnerabilidad individual (ligada a una mayor susceptibilidad coclear por antecedentes de traumatismo craneal, infecciones óticas, ciertas alteraciones metabólicas o una tensión arterial elevada, entre otras causas) y la interacción con otras exposiciones (vibraciones, agentes químicos o fármacos ototóxicos pueden aumentar el riesgo de hipoacusia).

### 3. EFECTOS BIOLÓGICOS EXTRAUDITIVOS

Los efectos del ruido no se limitan al oído. El organismo responde a los estímulos acústicos como lo haría ante cualquier otra agresión ya sea de tipo físico o psíquico mediante modificaciones cardiovasculares, hormonales, digestivas o psíquicas.

Los efectos fisiológicos del ruido se observan a nivel motor (contracciones musculares), vegetativo (aumento transitorio de la frecuencia cardíaca, vasoconstricción periférica, aumento de la presión sanguínea, aceleración de los movimientos respiratorios, disminución de la función de las glándulas salivares y del tránsito intestinal, midriasis...), endocrino (aumento de las catecolaminas, del cortisol...), inmunitario (disminución de la capacidad inmunitaria ligada a las alteraciones endocrinas) y electroencefalográficos (desincronización del EEG).

#### Malestar

El ruido puede dar lugar también a efectos "subjetivos", lo que la OMS ha calificado de *malestar*. El ruido puede producir una sensación de desagrado o disgusto en un individuo o en un grupo que conocen o imaginan la capacidad del mismo para afectar su salud. Esta sensación es a menudo la expresión de las interferencias con la actividad en curso aunque no de forma exclusiva ya que puede ser modulada también por variables como el sexo, la edad, el nivel formativo, las condiciones de trabajo (carga mental, apremio de tiempo, clima laboral, satisfacción en el trabajo) y las características de la exposición (posible control o previsibilidad del ruido).

#### Alteraciones comportamentales

La forma en que las personas reaccionan a la pérdida de capacidad auditiva varía enorme-

mente. En las disminuciones lentas y progresivas, como es el caso de las lesiones auditivas inducidas por el ruido, lo más frecuente es que el trabajador o trabajadora evite el contacto social y pierda interés por su entorno. Algunos estudios ponen de manifiesto una mayor agresividad y un aumento de los conflictos en ambientes ruidosos sobre todo en aquellas personas que presentan problemas psicológicos previos.

#### Trastornos de voz

Uno de los posibles efectos del ruido es la aparición de disfonía en aquellos trabajadores que deben elevar la intensidad de la voz para poder mantener la comunicación verbal con otros. Algunos autores afirman que un ruido ambiental superior a los 66 dB(A) requiere un esfuerzo potencialmente peligroso para las cuerdas vocales.

#### Otros

El ruido puede aumentar el riesgo de accidente de trabajo al enmascarar las señales de alerta, dificultar la comunicación verbal y alterar la atención. La inteligibilidad de una comunicación entre dos personas situadas en un ambiente en el que el ruido es de 80dB(A) se dificulta a distancias superiores a 25 cm.

### 4. TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES

La obligación de garantizar la protección de los trabajadores especialmente sensibles (contenida en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y normativa derivada) exige tener en cuenta, en la evaluación de riesgos, los aspectos relacionados con las características personales y la capacidad psicofísica de los trabajadores para adoptar las medidas preventivas y de protección necesarias (Art. 25.1 LPRL). Esa especial sensibilidad ha sido establecida en la normativa por una doble vía: la designación de los grupos expuestos, en cuyo caso la mera pertenencia al mismo determina una protección específica (protección de la maternidad y jóvenes: Arts. 26 y 27 de la LPRL) o el establecimiento de una serie de aspectos o características personales que, si concurren, determinan la protección del trabajador (Art. 25 de la LPRL).

Varios son los factores que pueden condicionar una mayor o menor sensibilidad al ruido. Estas variaciones interindividuales son multifactoriales y estarían ligadas a:

- Estado general de salud tanto físico como mental: la salud cardiovascular, la existencia de diabetes, de hipertensión, las hipomagnesemias severas y la neurastenia.

- Oído: algunas alteraciones descritas como potenciadoras de los efectos del ruido son la ausencia del reflejo del estapedio, malformaciones congénitas o hereditarias; antecedentes de traumatismo craneal; ingesta de fármacos; exposición a ciertos agentes químicos; antecedentes de infecciones óticas en la infancia.

Naturalmente, una exposición al ruido que se caracterice por la existencia de múltiples fuentes de exposición (laboral, ambiental y en actividades de ocio) o a la que se le sumen otras exposiciones ototóxicas (fármacos, agentes químicos) debería suponer una mayor atención y un replanteo de las medidas preventivas.

### Ruido y edad

Estudios experimentales en mamíferos han puesto de manifiesto un periodo de mayor sensibilidad coclear al ruido que, por analogía en cuanto a estructura y desarrollo de la cóclea, ha llevado a generalizar los resultados en el ser humano, estimándose dicho periodo desde la semana 25 de gestación hasta algunos meses después del nacimiento.

A tenor de lo dicho, se puede inferir que la prevención de las alteraciones derivadas de la exposición a ruido laboral en menores, que en el lugar de trabajo serían personas de 16 a 18 años, no debería ser diferente de la que se aplica a los trabajadores adultos salvo en lo referente a la información y formación con relación a los efectos dañinos del ruido tanto laboral como extralaboral ya que son un colectivo en el que el ruido extralaboral puede tener una gran importancia.

Con relación al envejecimiento, algunos autores han puesto de manifiesto una mayor fragilidad coclear, en especial a partir de los 50 años.

### Ruido y embarazo

El impacto del ruido sobre la reproducción está bien documentado en animales aunque los estudios sobre humanos son escasos.

A partir de la semana 24 de gestación se empieza a desarrollar la cóclea del futuro niño y en la semana 28 las vías auditivas funcionan correctamente. La transmisión del sonido a través del líquido amniótico se produce de forma que los

ruidos de baja frecuencia (125 Hz) son amplificadas 3,7 dB de media mientras que los de alta frecuencia (4000 Hz) son atenuados en más de 10 dB.

Aunque no existe una evidencia clara de los efectos que se producen tanto en la madre como en el niño, los efectos que más frecuentemente se citan en la literatura especializada son:

- Aumento del riesgo de parto pre-término y bajo peso al nacer.
- Aumento de la tensión arterial en la madre, de la fatiga y del estrés.
- Disminución de la capacidad auditiva del futuro niño, que se identifica a los 4-10 años de edad.

El Comité Médico Provincial de salud en el trabajo del Québec así como otros investigadores recomiendan no exponer a las mujeres embarazadas de más de 25 semanas a un nivel diario equivalente superior o igual a 80 – 85 dB(A). Además aconseja una especial atención a la exposición combinada a ruido y otros factores de riesgo como ototóxicos, vibraciones o turnos.

En la Comunicación de la Comisión Europea COM (2000) 466 final sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos así como los procedimientos industriales considerados como peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz recientemente o en periodo de lactancia se considera que la exposición prolongada a niveles de ruido elevados puede:

- aumentar la presión arterial y la fatiga de la mujer embarazada,
- afectar a la capacidad auditiva del futuro niño, pudiendo las bajas frecuencias aumentar los efectos nocivos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Bovo, R.; Galceran, M. "Le disfonie disfunzionale como patologia professionale" En: III Forum europeo de ciencia, seguridad y salud. Oviedo, 1998.
- CEFIC "Guidance on the health protection of pregnant, recently delivered and breast-feeding women at work" Paris 1997.
- CMPST "Retrait préventif de la travailleuse enceinte. Les agresseurs physiques: le bruit" 1998  
<http://www.inspq.qc.ca/grgt/pdf/Vibrations.pdf>

- Comunicación de la Comisión COM (2000) 466 final, de 5 de octubre de 2000, sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos, así como los procedimientos industriales considerados peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz recientemente o en periodo de lactancia: [http://europa.eu.int/eur-lex/es/search/search\\_dpi.html](http://europa.eu.int/eur-lex/es/search/search_dpi.html)
- Concha-Barrientos, M.; Campbell-Lendrum, D., y Steenland, K. "Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels" (2004). Geneva, OMS. (WHO environmental Burden of Disease Series, n° 9).
- Frazier, L. M.; Hage, M.L. (1998) "Reproductive hazards of the workplace" ITP, USA.
- OMS (1980) "Le bruit, critère d'hygiène de l'environnement", OMS, 12.
- Prince, M.M.; Gilbert, S.J.; Smith, R.J., y Stayner, L. (2003) "Evaluation of the risk of noise-induced hearing loss among unscreened male industry workers", J Acoust Soc Am, 113:871-80
- Rosenhall, U., "The influence of ageing on noise-induced hearing loss" (2003), Noise & Health, 5 (20): 47-53.
- Toppila, E.; Pyyko, I., y Stark, J.; "Age and noise-induced hearing loss" (2001), Scan Audiol, 30: 236-44.

## APÉNDICE 2

### CONTROL DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO

#### 1. INTRODUCCIÓN

En el artículo 4 del Real Decreto 286/2006 sobre *Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición* figuran los principios de actuación que deben regir la prevención de los riesgos debidos a la exposición al ruido. Esta filosofía de actuación que propugna el real decreto debe materializarse en el denominado programa de medidas técnicas y/o de organización (art. 4.2), cuya elaboración es obligatoria cuando se sobrepasan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.

Tal como se expresa en los comentarios de la Guía a ese artículo el programa de medidas técnicas y de organización es una forma de planificar la actividad preventiva y tendría que incluir aspectos como los siguientes:

- Objetivos a alcanzar.
- Acciones concretas a emprender.
- Justificación de dichas acciones (por ejemplo: estudio de acústica de locales, descripción de puestos de trabajo, evaluación de los riesgos, etc.).
- Plazos concretos en los que se actuará.
- Responsables y personas asignadas al programa.
- Recursos materiales disponibles para la ejecución del programa.

Por otra parte, el programa debe respetar lo dispuesto en el artículo 15.1 h) de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales: "Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual".

Entre las primeras son preferibles las que pueden reducir los niveles de ruido, denominadas también "medidas para el control técnico de la exposición al ruido", a las que se refiere el contenido de este Apéndice.

#### 2. CONTROL TÉCNICO DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO

La tecnología disponible en el mercado para la reducción de ruido pone a disposición de los

expertos un amplio abanico de posibilidades: cabinas, silenciadores, barreras, recubrimientos absorbentes, etc. El problema que se plantea es, en buena medida, la elección del tipo de elemento reductor más apropiado a cada situación en términos de equilibrio entre coste y resultados obtenidos.

A menos que se posea un amplio caudal de conocimientos especializados y se disponga de una gran experiencia, es difícil juzgar cuál es la solución más adecuada para cada situación; sin embargo, es posible para los no expertos determinar, al menos en sus grandes líneas, cuál es la mejor solución a un problema de ruido dado. Para ello es suficiente seguir de manera sistemática el procedimiento que describimos a continuación.

#### 3. PROCEDIMIENTO<sup>1</sup>

Las máquinas y los procesos no deben ser considerados como generadores de ruido de una manera "monolítica", sino como conjuntos de fuentes de ruido individuales cada una de las cuales genera ruido en unas condiciones y con unas características específicas.

El procedimiento que debe seguirse para determinar la mejor solución incluye los siguientes pasos, que enunciamos a continuación y describiremos con detalle más adelante:

- 1) Elaborar una lista de todas las posibles fuentes individuales de ruido dentro de cada máquina o proceso.
- 2) Ordenar en función de su importancia.
- 3) Proponer medidas de control para las fuentes principales.

##### 3.1 Listado de las fuentes de ruido

El primer paso es listar las fuentes de ruido separándolas en dos grandes categorías: las que producen ruido aerodinámico y las que generan ruido mecánico, tal como se indica en el cuadro de la página siguiente.

<sup>1</sup> Adaptado de "Noise Control: Determining the Best Option". Health and Safety Executive. <http://www.hse.gov.uk/pubns/noisesources.pdf>

FUENTES DE RUIDO AERODINÁMICO Producen ruido a través del movimiento del aire	FUENTES DE RUIDO MECÁNICO Producen vibraciones mecánicas
1. VENTILADORES	IMPACTOS Prensas Movimiento de materiales
2. AIRE COMPRIMIDO Chorros de aire Escapes de aire comprimido Tubos de escape de motores	MÁQUINAS ROTATIVAS Engranajes Bombas Cojinetes Motores eléctricos
3. COMBUSTIÓN	FUERZAS DE FRICCIÓN Y OTRAS Herramientas cortantes Frenos

*Ejemplo:*

fuentes de ruido en un taladro eléctrico portátil.

- Aerodinámico: ventilador, ruido aerodinámico de la herramienta.
- Mecánico: engranajes, desequilibrios, campos eléctricos, cojinetes, conmutador.

Una vez completada la lista, el paso siguiente es ordenar sus componentes por orden de importancia.

### 3.2 Ordenación de las fuentes de ruido

Ordenar las fuentes exige valorar su contribución relativa al ruido global producido por la máquina o proceso. Si este paso no se lleva a cabo, la elección de las medidas reductoras es puramente un ejercicio de adivinación con escasas posibilidades de éxito. Para conseguir una reducción de ruido eficaz es necesario actuar en primer lugar sobre las fuentes de mayor importancia. Si las fuentes dominantes no se tratan en primer lugar, el efecto de cualquier medida reductora será casi con toda seguridad decepcionante, pues la reducción lograda difícilmente será perceptible. Supongamos que en una máquina hay tres fuentes de ruido y que cada una genera el que se indica a continuación:

- 1) Bomba, 93 dB(A)
- 2) Ventilador, 90 dB(A)
- 3) Motor, 88 dB(A)

En estas condiciones el nivel de ruido global será de 96 dB(A). Si, debido a una impresión sub-

jetiva, se supone erróneamente que la fuente más ruidosa es el ventilador (error probablemente inducido porque el espectro de frecuencias tiene preponderantemente componentes graves) y se le acopla un silenciador que reduce su nivel de ruido hasta 75 dB(A), el nivel de ruido global se reducirá únicamente en 1 dB(A), algo apenas perceptible.

Si el proceso de ordenación se realiza correctamente, ello permite estimar **previamente** el nivel de reducción de ruido que se conseguirá al aplicar las distintas medidas posibles.

Las principales técnicas que permiten efectuar una correcta ordenación son:

- 1) *Escuchar*: permite asociar las características del proceso a las del ruido percibido.
- 2) *Modificar* las condiciones de operación: cambiando las velocidades, cargas, alimentaciones, y anotando los cambios producidos en el ruido producido.
- 3) *Asociar* los ruidos a los distintos momentos del ciclo de la máquina o proceso.
- 4) *Aislar*: haciendo funcionar cada una de las fuentes por separado, anulando total o parcialmente las restantes.
- 5) *Análisis de frecuencia*: el espectro de frecuencia puede ser una ayuda importante para la caracterización de las fuentes individuales de ruido.

En general una utilización juiciosa de estas técnicas permite efectuar una categorización que garantice que las medidas de reducción se emprenderán en el orden adecuado.



*Ejemplo:*

una sierra circular automática corta barras de aluminio extruido y produce un nivel de ruido de 105 dB(A). El disco de la sierra fue cubierto con una costosa cabina, sin que se lograra una reducción apreciable del nivel de ruido porque la fuente principal del mismo era la parte de la barra de aluminio que quedaba *fuera* de la cabina. Si se hubiera efectuado una prueba cortando una barra de menor longitud se hubiera detectado fácilmente un descenso apreciable en el nivel de ruido, poniendo de manifiesto que el disco de la sierra no era la principal fuente de ruido y, por tanto, que su encerramiento no produciría ninguna reducción significativa del nivel de ruido.

**3.3 Opciones y costes**

Una vez las fuentes de ruido han sido debidamente ordenadas, es posible empezar a considerar con cierto detalle las técnicas de reducción de ruido que podrían aplicarse. Las principales técnicas disponibles son las siguientes:

a) *Control en la fuente*: modificaciones técnicas que alteran el proceso de generación de ruido. Sus

límites son la experiencia y la imaginación del técnico actuante.

b) *Silenciadores*: para el ruido aerodinámico existe una amplia gama de silenciadores.

c) *Aislamiento de las vibraciones*: introducción de elementos que limitan la transmisión de las vibraciones producidas.

d) *Reducción de las vibraciones*: disminución de la intensidad de las vibraciones de las superficies o elementos que radian ruido.

e) *Absorción del ruido*: mediante el recubrimiento de paredes y/o techos con productos absorbentes del ruido.

f) *Encerramiento*: mediante cabinas que reduzcan la transmisión del ruido.

g) *Barreras*: colocación de barreras entre el foco emisor y las personas expuestas a ruido, tal como suele hacerse en las autopistas.

En esta fase puede ser necesaria la colaboración de un experto a fin de valorar económicamente las distintas opciones posibles para cada una de las fuentes de ruido y predecir la reducción que puede conseguir cada una de ellas. Lo más importante es analizar *todas* las opciones para cada una de las fuentes dominantes.

## APÉNDICE 3

### MOLESTIAS DEBIDAS AL RUIDO. CRITERIOS DE VALORACIÓN

#### 1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 286/2007 establece lo siguiente en su artículo 4.4: “...cuando, debido a la naturaleza de la actividad, los trabajadores dispongan de locales de descanso bajo la responsabilidad del empresario, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso...”

Por otra parte, el Real Decreto 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, además de considerar incluidos en la definición de lugar de trabajo los locales de descanso determina, en su Anexo III, que las condiciones ambientales en los lugares de trabajo no deben suponer un riesgo para el trabajador y, en la medida de lo posible, tampoco deben constituir fuente de incomodidad o molestia.

En el punto 6 del mencionado Anexo III se expone que las áreas de descanso, comedores y servicios higiénicos, locales del personal de guardia y de primeros auxilios deberán responder al uso específico de esos locales.

Debido a la necesaria coherencia entre el Real Decreto 286/2006 y el 486/1997 se debe entender que en las áreas de descanso, concebidas para recuperar los niveles físicos y mentales del trabajador, los niveles compatibles con su finalidad y condiciones de uso son aquellos que no sólo no suponen un peligro para la salud sino que tampoco son causantes de molestias.

No es posible determinar, de forma universal, cuál es el nivel de ruido por debajo del cual no se producirán molestias, ya que éstas dependen de múltiples factores, en especial los individuales. En este Apéndice se indican los criterios que se consideran más adecuados para la valoración de las molestias producidas por el ruido. La descripción que se hace de ellos es limitada, por lo que se recomienda, para mayor información, consultar las Notas Técnicas de Prevención publicadas por el INSHT o recurrir a las fuentes bibliográficas originales.

#### 2. VALORACIÓN DE LAS MOLESTIAS PRODUCIDAS POR EL RUIDO

Las molestias que genera el ruido dependen, entre otros, de factores individuales, de la exigencia de la tarea, de las condiciones físicas del ruido, del diseño del puesto de trabajo, etc. La OMS (Organización Mundial de la Salud) define el

intervalo de 35 dB(A) a 65 dB(A) como aquel en que la población considera que el ruido es molesto y perturbador, pudiéndose tomar estos niveles sonoros como criterio de referencia de la posible existencia de molestias por ruido.

Para conocer y valorar las molestias de una persona o de un colectivo frente al ruido, es necesario crear una escala que relacione la respuesta subjetiva de las personas con los valores que alcanzan las características físicas del ruido (fundamentalmente, presión sonora y frecuencias, también distribución temporal).

Se han desarrollado diversos criterios técnicos, denominados “índices acústicos”, que establecen límites aceptables de confort en ambientes interiores asignándoles un valor de referencia dependiendo del tipo de local o de su finalidad.

- Valores establecidos en el código técnico de la edificación (CTE), en su documento básico de desarrollo (DB-HR Protección frente al ruido) y en la norma básica de edificación (NBE-CA-88).

- Valores establecidos en la instrucción técnica complementaria (ITE 02.2.3) del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

- Otros criterios de valoración del ruido molesto. Curvas NR (noise rating), PNC (preferred noise criteria), NC (noise criteria) y RC (room criteria).

- Valoración de las molestias por interferencia del ruido en la conversación (Criterio SIL).

#### 3. VALORES RECOMENDADOS ESTABLECIDOS EN EL CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN (CTE) Y LA NORMA BÁSICA DE EDIFICACIÓN (NBE-CA-88)

EL Código Técnico de Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, establece en su artículo 14 las exigencias básicas de protección frente al ruido. El objetivo de este requisito consiste en limitar las molestias a los usuarios, producidas por el ruido dentro de los edificios y en las condiciones normales para las que ha sido diseñado. En este artículo se indica que hasta que entre en vigor el Documento Básico (DB-HR Protección frente al Ruido, entrada en vigor por Real Decreto 1371/2007), se debe aplicar la vigente Norma Básica de la Edificación NBE CA-88 Condiciones acústicas de los edificios.

Para conseguir el objetivo, los edificios deben proyectarse, construirse y mantenerse de tal forma que sus elementos constructivos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido de las instalaciones y para limitar el tiempo de reverberación.

El documento básico de protección frente al ruido del Código Técnico de Edificación (Documento Básico HR) incluye los valores a cumplir que garantizan el cumplimiento de las exigencias básicas, soluciones técnicas de reducción de ruido con los valores necesarios de atenuación de los aislamientos, así como el sistema de verificación

acústica de las edificaciones para dar cumplimiento al artículo 8 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, donde se fijan los «objetivos de calidad acústica» aplicables al espacio interior habitable de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, siendo más exigente, en términos de protección, que las normas antecesoras.

En el RD1367/2007 se establecen valores de inmisión que no deben superarse para dar cumplimiento a los objetivos de calidad acústica. Estos valores definidos en los anexo II y III del real decreto se considerarán valores admisibles de referencia para evitar la existencia de molestias y alteraciones en el sueño.

**TABLA 1**  
**Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales**

Uso del Edificio	Tipo de Recinto	Índices de Ruido		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
Viviendas Uso residencial	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Uso hospitalario	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Uso educativo y cultural	Aulas	40	40	40
	Salas de lectura	35	35	35

$L_d$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período día (12 horas);  $L_e$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período tarde (4 horas);  $L_n$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período noche (8 horas). Los valores horarios de comienzo y fin de los distintos periodos temporales de evaluación son: periodo día de 7.00 a 19.00; periodo tarde de 19.00 a 23.00 y periodo noche de 23.00 a 7.00, hora local.

**TABLA 2**  
**Valores límite de ruido transmitido a locales colindantes por actividades**

Uso local Colindante	Tipo de Recinto	Índices de Ruido		
		$L_{keq,d}$	$L_{keq,e}$	$L_{keq,n}$
Administrativo y de oficinas	Despachos	35	35	35
	Oficinas	40	40	40
Sanitario	Zonas de estancia	40	40	30
	Dormitorios	35	35	25
Educativo Cultural	Aulas	35	35	35
	Salas de lectura	30	30	30

El subíndice "k" indica que el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A ha sido corregido.

Con la entrada en vigor de este documento básico, dada su complejidad, se establece un período transitorio de 12 meses (hasta octubre 2008), durante el que se podrá optar por aplicar tanto la

Norma Básica NBE-88 como las exigencias establecidas en este Documento Básico DB-HR Protección frente al ruido. (Disposición transitoria segunda).

**TABLA 3**  
**Norma Básica de la Edificación NBE-CA-88. Valores de inmisión aplicables entre las 8 h. y las 22 horas**

Uso del Edificio	Tipo de Recinto	$L_{Aeq,t}$ dB(A)
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas Comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas Comunes	50

También se establece que las exigencias desarrolladas en el Documento Básico se aplicarán sin perjuicio de la obligatoriedad del cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales que resulte (Disposición final primera).

#### **4. VALORES RECOMENDADOS EN EL REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE) PARA LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**

Los sistemas de aires acondicionados suelen ser una de las causas principales de molestias por ruido.

El nuevo Reglamento de instalaciones térmicas (RITE), aprobado por el RD 1027/2007 establece

en el apartado 4, del artículo 11 *bienestar e higiene*, la obligación que los sistemas térmicos en condiciones normales de uso supongan un riesgo o provoquen molestias producidas por el ruido. En la instrucción técnica IT 1.1.4.4 sobre *exigencia de calidad del ambiente acústico*, remite al cumplimiento de lo establecido en el del documento DB-HR Protección frente al ruido.

El Documento Básico HR, en el apartado denominado "Equipos situados en recintos protegidos", establece el nivel de potencia acústica,  $L_{w}$ , máximo de un equipo que emita ruido, como puede ser el caso de un sistema de aire acondicionado. Este nivel de potencia debe ser menor que el valor del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A,  $L_{Aeq,T}$  establecido para cada tipo de recinto. (Tabla 4).

**TABLA 4**  
**Valores del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A,  $L_{Aeq,T}$**

Uso del Edificio	Tipo de Recinto	$L_{Aeq,t}$ dB(A)
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	35
	Dormitorios	30
	Zonas Comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas Comunes	50
Cultural	Cines y Teatros	30
	Sala Exposiciones	45
Comercial	Zonas Comunes	50

#### 5. OTROS CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL RUIDO MOLESTO. CURVAS NR (NOISE RATING), PNC (PREFERRED NOISE CRITERIA), NC (NOISE CRITERIA) Y RC (ROOM CRITERIA)

Las metodologías denominadas NR (Noise Rating), PNC (Preferred Noise Criteria), NC (Noise Criteria) y RC (Room Criteria) recomiendan unos valores máximos que no se deben superar para evitar la existencia de molestias por el ruido continuo de fondo.

Estos métodos se basan en el mismo fundamento. Consiste en medir los niveles sonoros en cada frecuencia del espectro (Bandas de octava), y elegir la curva característica correspondiente a la actividad que se está desarrollando. Los niveles medidos de presión sonora de las frecuencias centrales de las bandas de octava (o tercio de octava) no deben superar la curva característica que delimita las condiciones de confortabilidad acústica.

El criterio de las curvas NC fue el primero en utilizarse. Este método presenta limitaciones en la evaluación de ruidos con espectros concentrados en la zona de frecuencias bajas y/o en la zona de

frecuencias altas. Esta dificultad fue resuelta por el método PNC, que corrigen las curvas NC en esas zonas conflictivas.

La norma UNE 74022- 81 que desarrolla el método NR actualmente está anulada, pero esto no ha impedido, debido al gran uso y difusión que ha tenido este método durante el período en que ha estado vigente, que siga siendo un referente como criterio e incluso sea citado como recomendaciones de “confort” en Ordenanzas Municipales. Una de las ventajas que presenta este método sobre los demás es la existencia de curvas características con presiones sonoras muy elevadas, siendo un método válido para valorar molestias en lugares/actividades exteriores.

A modo de ejemplo, en la Tabla 5, se indican las curvas de limitación recomendadas cuando se emplea el criterio de valoración NR para diferentes locales. En los locales de oficinas el espectro de frecuencias del ruido expresado de forma gráfica no debería superar en ninguna octava la curva NR-55, criterio que coincide con la recomendación establecida en la Guía Técnica para trabajadores con Pantallas de Visualización de Datos (RD 488/97).

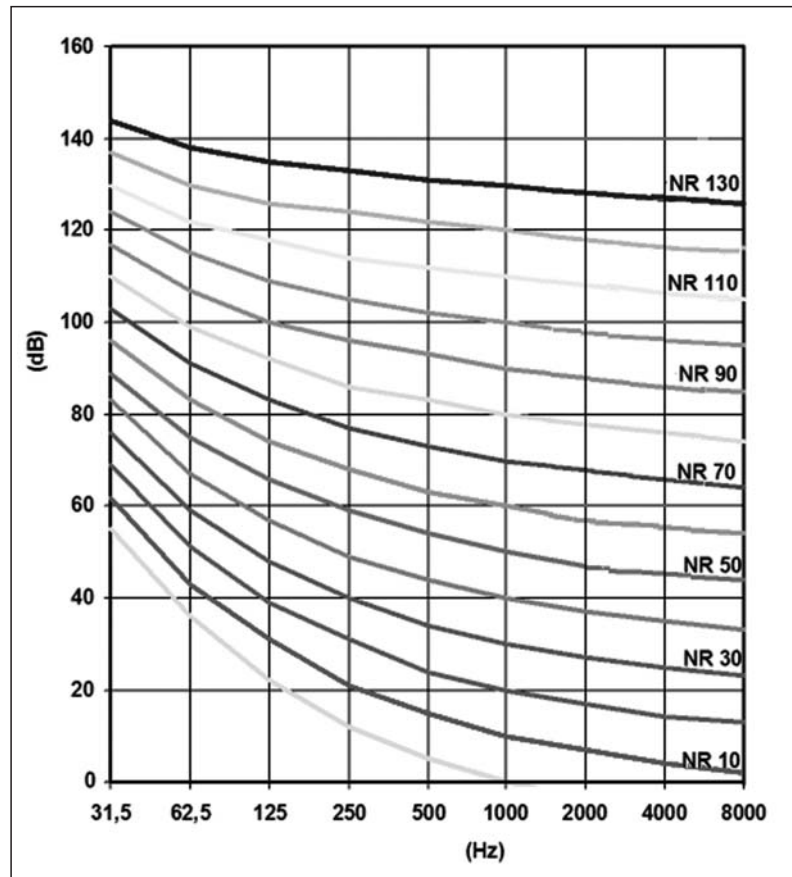


Figura 1 - Familia de Curvas NR

**TABLA 5**  
**Valores recomendados del criterio NR para diferentes locales**

Local-actividad	Intervalo de curvas NR (ver figura 1)
Talleres	60-70
Oficinas mecanizadas	50-55
Gimnasios, salas de deporte, piscinas	40-50
Restaurantes, bares y cafeterías	35-45
Despachos, bibliotecas, salas de justicia	30-40
Cines, hospitales, iglesias, pequeñas salas de conferencias	25-35
Aulas, estudios de televisión, grandes	20-30
Salas de conferencias	
Salas de concierto, teatros	20-25
Clínicas, recintos para audiometrías	10-20



Si el ruido fuera de tipo impulso, se deben realizar una serie de correcciones teniendo en cuenta el contenido del espectro de frecuencias y la duración de la exposición.

El índice RC-MARK II, basado en las curvas RC recomendadas por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), permite conjugar varios factores de molestia por el ruido, como son:

- el ruido de fondo
- la capacidad de interferencia en la comunicación verbal
- la posible inducción de vibraciones en tabiques y techos ligeros

Para ello la metodología tiene en cuenta, además de la adecuación del nivel de presión sonora global y por bandas de octava, la actividad que se realiza y el equilibrio acústico del espectro de frecuencias medido. Se basa en la observación de que entre los diferentes factores de molestia que aporta el ruido en el desarrollo de una actividad, no sólo interviene el factor de intensidad del fenómeno y su distribución espectral, sino también el hecho de que dicha intensidad se centre en una determinada zona del espectro, diferenciando por ejemplo la molesta sensación de retumbe, zumbido o pitido. Por ese motivo se da el caso de que ciertos sonidos resultan molestos, aunque su intensidad se juzga como aceptable aplicando, por ejemplo, la escala de ponderación A.

## 6. VALORACIÓN DE LAS MOLESTIAS POR INTERFERENCIA DEL RUIDO EN LA CONVERSACIÓN

El ruido ambiente, dependiendo de su nivel sonoro, puede provocar el enmascaramiento o pérdida de la información en la transmisión del mensaje oral.

Parece demostrado que, cuando el ruido excede de 50-55 dB(A), el número de quejas aumenta considerablemente, sobre todo en lo concerniente a la comunicación donde, a mayor nivel sonoro, mayor es el esfuerzo por parte del emisor en forzar su voz para que su mensaje pueda ser perfectamente inteligible por el receptor.

Hasta la publicación de la norma UNE-EN ISO 9921:2004, el método SIL (Speech Interference Level) establecía la distancia recomendable que debía existir entre emisor y receptor para evitar la pérdida de información por el ruido ambiente existente. Con la modificación contemplada en

esta norma, el método SIL ha sufrido un cambio significativo, ya no recomienda distancias óptimas, sino que es una estimación de las interferencias producidas por el ruido ambiental durante una comunicación verbal: evalúa la inteligibilidad verbal.

La interferencia en la comunicación verbal depende de los siguientes aspectos:

- Nivel sonoro en las frecuencias de la comunicación verbal (500, 1000, 2000 y 4000 Hz) durante el intervalo de comunicación.
- Tono de voz a emplear (esfuerzo vocal).
- Distancia entre emisor y receptor.
- Contenido de la tarea.

El nivel de ruido de interferencia verbal es la media aritmética de los niveles de presión sonora en las bandas de octava en las frecuencias conversacionales de 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz (medido en el oído del oyente).

$$L_{SIL} = \left[ \frac{1}{4} \sum_{i=500 \text{ Hz}}^{4000 \text{ Hz}} L_{N,oct,i} \right] \text{dB (A)}$$

donde el nivel continuo equivalente correspondiente a las diferentes octavas es  $L_{N,oct,i}$

El nivel de presión sonora "verbal" continuo equivalente en dB(A),  $L_{SA, 1m}$ , es un valor teórico relacionado con el esfuerzo vocal del emisor medido a una distancia de un metro del emisor (tabla 6).

**TABLA 6**  
Clasificación según el esfuerzo verbal del emisor

Esfuerzo del emisor	$L_{SA, 1m}$
Relajado	54
Normal	60
Elevado	66
Alto	72
Muy Alto	78

(NOTA: La norma define parámetros de corrección en función de la calidad verbal, el uso de la protección auditiva por parte de receptor, las distancias y el conocimiento del idioma entre el emisor y el receptor, los parámetros que se deben tener en cuenta para la evaluación).

Para las distancias superiores a 1m, el  $L_{S,A,L}$  se obtiene a partir de la expresión:

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \log \left[ \frac{r}{r_0} \right] \text{ dB (A)}$$

El índice de inteligibilidad (SIL) se calcula con la expresión:

$$\text{SIL} = L_{S,A,L} - L_{\text{SIL}}$$

y el resultado se compara con la tabla 7

**TABLA 7**  
**Criterio SIL**

Evaluación de la inteligibilidad	SIL
Mala	< 3
Escasa	3 < SIL < 10
Suficiente	10 < SIL < 15
Buena	> 15

Si el índice SIL es superior a 10 dB(A), se garantiza la suficiente inteligibilidad de la comunicación.

Sirva el siguiente ejemplo para estimar la interferencia en la comunicación:

Condiciones:

Distancia entre emisor y receptor: 2,5 metros

Esfuerzo vocal: Normal (apreciación)

Nivel continuo equivalente ponderado en A (Bandas de Octavas):

f(Hz)	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$L_{A,eq,t}$	55,8	56,2	57,3	58,5	60,9	61,1	59,9	52,3

$$L_{A,eq,t} = 66,7 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Solución: } L_{\text{SIL}} = \left[ \frac{1}{4} \sum_{i=500 \text{ Hz}}^{4000 \text{ Hz}} L_{N,oct,i} \right] = \frac{58,5 + 60,9 + 61,1 + 59,9}{4} = 60,1 \text{ dB(A)}$$

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \log \left[ \frac{r}{r_0} \right] \text{ dB(A)} = 60 - 20 \log \left[ \frac{2,5}{1} \right] = 52,1 \text{ dB(A)}$$

$$\text{SIL} = L_{S,A,L} - L_{\text{SIL}} = 60,1 - 52,1 = 8 \text{ dB(A)}$$

Según la Tabla 7, la estimación de la inteligibilidad de comunicación sería escasa. (El ruido de fondo tiene niveles sonoros similares al nivel sonoro de la comunicación, y la dificulta).

Para mayor detalle, ver referencias bibliográficas: UNE-EN ISO 9921:2004 y las Notas Técnicas de Prevención (serie 23).

## 7. TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Cuando una fuente sonora situada en un local cesa de emitir, el sonido no desaparece súbitamente sino que decae gradualmente. El gradiente de caída depende de la cantidad y situación del material

absorbente en el local. Esa persistencia del sonido en el ambiente se denomina "reverberación" y su magnitud se cuantifica a través del tiempo que tarda el sonido en decaer 60 dB de presión sonora. A ese tiempo se le llama "tiempo de reverberación" y es un parámetro que debe intervenir en el diseño arquitectónico para que la transmisión e inteligibilidad del sonido sea buena. El tiempo de reverberación (TR) "adecuado" para un local depende de las características del propio local y del tipo de sonido que se pretende escuchar en él. En general se recomienda que el tiempo de reverberación sea mayor en locales grandes que en pequeños y más alto para audiciones musicales que para la audición de la palabra.

El Documento Básico HR establece valores límite de tiempo de reverberación (apartado 2.2) y métodos de cálculo:

a) El tiempo de reverberación en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m<sup>3</sup>, no será mayor que 0,7 s.

b) El tiempo de reverberación en aulas y en salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que 350 m<sup>3</sup>, no será mayor que 0,5 s.

c) El tiempo de reverberación en restaurantes y comedores vacíos no será mayor que 0,9 s.

Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial o docente, colindante con recintos habitables con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0,2 m<sup>2</sup> por cada metro cúbico del volumen del recinto.

La norma NBE-CA-88 también establece valores del TR (Tabla 8) referidos a la frecuencia media del sonido. (Debe tenerse en cuenta que el tiempo de reverberación depende de la frecuencia).

**TABLA 8**  
Valores de tiempo de reverberación recomendados en la NBE-CA-88 según las actividades que se realizan en el local

Actividad del edificio	Destino del local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial	zonas de estancia	$\leq 1,0$
	dormitorios	$\leq 1,0$
	servicios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo	despachos	$\leq 1,0$
	oficinas	$\leq 1,0$
	zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	zonas de estancia	$0,8 \leq TR \leq 1,5$
	dormitorios	$\leq 1,0$
	zonas comunes	$1,5 \leq TR \leq 2,0$
Docente	aulas	$0,8 \leq TR \leq 1,5$
	salas de lectura	$0,8 \leq TR \leq 1,5$
	zonas comunes	$1,5 \leq TR \leq 2,0$

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Norma Básica de la Edificación, NBE CA-88, - Condiciones Acústicas en los Edificios.
- UNE-EN 13779:2005. Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- UNE-EN ISO 9921:2004. Ergonomía. Evaluación de la comunicación verbal (ISO 9921:2003).
- ISO 1996-1:2003. Acoustics. -Description, measurement and assessment of environmental noise. -Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- [www.idae.es](http://www.idae.es) -Libro de comentarios al RITE.
- Berger, E.H. et al. The Noise Manual. AIHA Press 2000.
- Beranek, L. Noise and Vibration Control Engineering. Principles and Applications. Wiley InterScience. 1992.
- Notas Técnicas de Prevención. INSHT.

## APÉNDICE 4

### PROTECTORES AUDITIVOS: SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN

#### 1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

Las condiciones para la comercialización y las exigencias esenciales de salud y seguridad de los EPI están establecidas en el RD 1407/1992 y el RD 159/1995 (transposición de la Directiva 89/686/CEE, de 21 de diciembre, y modificaciones relativas a la comercialización de EPI). Con la colocación del marcado CE el fabricante declara que el EPI se ajusta a las disposiciones indicadas en los reales decretos citados.

Debe destacarse la obligación, por parte del fabricante, de suministrar un folleto informativo junto con cada equipo, documento de gran utilidad en el proceso de selección y uso, y que debe contener información acerca de todas sus características, como, por ejemplo, instrucciones y limitaciones de uso, mantenimiento, limpieza, revisiones, caducidad, etc. Debe estar escrito en castellano y su contenido ser suficientemente claro.

Las exigencias mínimas relativas a la elección y utilización de los EPI se fijan en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo (transposición de la Directiva 89/656/CEE, de 30 de noviembre).

#### 2. TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS

Los protectores auditivos son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído. Los protectores auditivos se comercializan de los siguientes tipos:

##### PASIVOS

**Orejas:** Consisten en casquetes que cubren las orejas y que se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, generalmente rellenas de espuma plástica o líquido. Los casquetes se forran normalmente con un material que absorba el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión (arnés), por lo general de metal o plástico. A veces se fija una cinta flexible a cada casquete, o al arnés cerca de los casquetes. Esta cinta se utiliza para sostener los casquetes cuando el arnés se lleva en la nuca o bajo la barbilla.

**Tapones:** Son protectores auditivos que se introducen en el canal auditivo o se colocan sobre el pab-

llón auditivo, destinados a bloquear su entrada. Los tapones pueden ser moldeables por el usuario, premoldeados, personalizados o con arnés. A veces vienen provistos de un cordón de unión.

**Orejas acopladas a cascos de protección:** Consisten en casquetes individuales unidos a unos brazos fijados a un casco de protección. Estos brazos soporte son regulables de manera que puedan colocarse sobre las orejas cuando se requiera.

**Cascos anti-ruido:** Son cascos que recubren la oreja, así como una gran parte de la cabeza. En el ámbito laboral prácticamente no se usan y son difíciles de encontrar.

##### NO PASIVOS

**Protectores auditivos dependientes del nivel:** Pueden ser orejas o tapones, poseen un sistema electrónico de restauración del sonido que les permite disminuir su atenuación a medida que disminuye el nivel sonoro.

**Protectores auditivos con reducción activa del ruido (protectores ANR):** Normalmente son orejas que incorporan un sistema electrónico que permite conseguir una atenuación acústica adicional a bajas frecuencias.

**Protectores auditivos con sistema de comunicación:** Pueden ser orejas o tapones. Poseen un sistema por cable o inalámbrico que permite transmitir señales, alarmas, mensajes o programas de entrenamiento.

#### 3. SELECCIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS

El documento de referencia a seguir en el proceso de elección debería ser la norma UNE EN 458 "Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento".

La elección de un protector requerirá, en todo caso, un conocimiento amplio del puesto de trabajo y de su entorno. Por ello la elección debe ser realizada por personal capacitado y, en el proceso de selección, será importante la participación y colaboración del trabajador. No obstante, algunas recomendaciones de interés, a la hora de desarrollar el proceso de selección, son:

- Antes de adquirir un protector auditivo, complétese la lista de control que figura al final del presente apéndice. En función de esta lista se tendrán en cuenta las ofertas de varios fabricantes para distintos modelos.

- Al elegir un protector auditivo, es conveniente tener en cuenta el folleto informativo al que se hace referencia en el RD 1407/1992 y el RD 159/1995. Este folleto informativo, de acuerdo con el punto 1.4 del Anexo II de los reales decretos citados, debe contener todos los datos útiles referentes a: almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, desinfección, accesorios, piezas de repuesto, clases de protección, fecha o plazo de caducidad, explicación de las marcas, etc.

- El tipo de protector deberá elegirse en función del entorno laboral para que la eficacia sea satisfactoria y las molestias mínimas. A tal efecto, en general, para un uso continuo se preferirán los tapones auditivos, en particular en ambientes calurosos y húmedos, o cuando deban llevarse junto con gafas u otros protectores. Para usos intermitentes son preferibles las orejeras o los tapones con arnés. En ambientes extremadamente ruidosos la elección preferible sería la combinación de tapones y orejeras.

- El protector auditivo deberá elegirse de modo que reduzca la exposición al ruido a un límite admisible, de acuerdo con las indicaciones que se dan en el apartado siguiente.

- Usar un protector auditivo no debe mermar la percepción del habla, de señales de peligro o de cualquier otro sonido o señal necesarios para el ejercicio correcto de la actividad. En caso necesario, se utilizarán protectores auditivos con una respuesta en frecuencia plana, dependientes del nivel o con sistema de comunicación.

- La comodidad de uso y la aceptación varían mucho de un usuario a otro. Por consiguiente, es aconsejable realizar ensayos de varios modelos de protectores y, en su caso, de tallas distintas.

- En lo que se refiere a las orejeras, se consigue mejorar la comodidad mediante la reducción de la masa, de la fuerza de aplicación de los casquetes y mediante una buena adaptación de las almohadillas al contorno de la oreja.

- Como última fase en la selección de un protector auditivo, deben probarse en el lugar de trabajo varios modelos que cumplan el resto de requisitos técnicos. Para tomar en consideración las distintas variaciones individuales de la morfología de los usuarios, los protectores deberán presentarse en una gama de adaptación suficiente y, en caso necesario, en distintas tallas.

- Cuando se compre un protector auditivo, éste deberá venir acompañado de su folleto informativo.

#### 4. ATENUACIÓN ACÚSTICA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

Los protectores auditivos están sometidos a la normativa que regula tanto la fabricación y comercialización como el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI). La normativa de fabricación y comercialización, puesto que se trata de EPI de categoría 2, obliga al fabricante o a su representante legal en la UE a someter el EPI al examen "CE de tipo" de un organismo de control.

La prestación más importante es la atenuación que proporcionan. Esta atenuación es un valor constante para cada banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido en cuestión, por lo que puede decirse que, para un mismo protector, la protección varía en cada situación.

Los correspondientes datos sobre la atenuación deben figurar en el folleto informativo que el fabricante adjuntará con el protector auditivo. Estos datos se calculan de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 4869-2. A partir de ellos se puede calcular la protección que ofrecerá dicho protector en cada caso.

Los procedimientos de cálculo de la atenuación acústica se describen en la norma UNE-EN 458:2005 *Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento - Documento guía* en la que se basa lo expuesto a continuación.

#### Definiciones

El objetivo del cálculo es la obtención de la protección que ofrece un protector auditivo, denominada reducción prevista del nivel de ruido (PNR), y del valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L'_A$ ), cuando se utiliza el protector en un ambiente caracterizado por un nivel de presión sonora  $L_A$ . La relación entre ellos es:

$$PNR = L_A - L'_A \quad (1)$$

Se definen, por otra parte, los siguientes parámetros pertenecientes al protector auditivo:

*Atenuación a alta frecuencia (H)*: representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = -2$  dB.



**Atenuación a media frecuencia (M):** representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = + 2$  dB.

**Atenuación a baja frecuencia (L):** representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = + 10$  dB.

**Índice de reducción único (SNR):** es el valor que se resta del nivel de presión sonora ponderado C ( $L_C$ ) para estimar el nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L'_A$ ).

**Protección asumida ( $APV_f$ )** de un protector: es un valor por banda de octava, obtenido de restar del valor medio de atenuación por banda de octava ( $m_f$ ), en diferentes ensayos de laboratorio, la desviación típica ( $\sigma$ ) obtenida en dichos ensayos.

$$APV_f = m_f - \sigma \quad (2)$$

El valor de  $APV_f$  así calculado es la atenuación de que se dispondrá con una probabilidad del 84% o, lo que es lo mismo, es la atenuación de que dispondrán 84 de cada 100 personas que lo utilicen. Si se desea aumentar la eficacia de la atenuación al 95% se utilizará  $APV_f = m_f - 1,64 \sigma$ . Otros valores de eficacia de atenuación se dan en la tabla 1.

**TABLA 1**  
**Porcentaje de protección y protección asumida de un protector auditivo**

Eficacia de protección (%)	Protección asumida (dB)
84	$APV_f = m_f - 1,00 \sigma$
85	$APV_f = m_f - 1,04 \sigma$
90	$APV_f = m_f - 1,28 \sigma$
95	$APV_f = m_f - 1,64 \sigma$
99,5	$APV_f = m_f - 2,58 \sigma$

Dado que el valor de  $APV_f$  interviene en el cálculo de PNR, H, M, L y SNR, es básico conocer el porcentaje de eficacia utilizado. Habitualmente, salvo que se indique otra cosa (p.e:  $H_{95}$  ó  $PNR_{85}$ ), la eficacia es del 84%.

La información que suministra el folleto informativo de los protectores auditivos incluye los valores de H, M, L, SNR y  $APV_f$  para las octavas de frecuencia central entre 125 y 8000 Hz. La frecuencia de octava de 63 Hz es opcional; cuando no se disponga de ella, se podrá usar el valor de atenuación correspondiente de 125 Hz.

Los valores de H, M y L<sub>7</sub> se calculan a partir del comportamiento del protector ( $APV_f$ ) respecto a ocho espectros de ruidos diferentes y normalizados.

El valor del índice de reducción único (SNR) se obtiene para cada protector a partir de la protección asumida  $APV_f$  y el efecto que ésta tiene sobre un ruido rosa (ruido que entre otras características posee iguales niveles de presión acústica en todas

las octavas) cuyo espectro está normalizado. Por este motivo el valor SNR es similar al valor M del ruido de media frecuencia.

#### Método de las bandas de octava

Requiere conocer los niveles de presión sonora, en bandas de octava, del ruido ambiental. Es el método más fiable.

Cuando se utiliza un protector auditivo se obtiene el valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L'_A$ ), aplicando la siguiente expresión:

$$L'_A = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{f=8000 \text{ Hz}} 10^{0,1 [L_f + A_f - APV_f]} \quad (3)$$

Donde  $A_f$  es la ponderación A en cada octava y  $L_f$  el nivel de presión sonora por octava, sin ponderar. El valor resultante de  $L'_A$  debe redondearse al entero más próximo.

*Ejemplo:*

Se desea conocer el nivel de presión sonora efectivo ponderado A, en un ambiente de trabajo cuando

se utiliza un determinado protector auditivo. El nivel de presión sonora, por bandas de octava, del ruido ambiental y las características de atenuación del protector se indican en las tablas 2 y 3.

**TABLA 2**  
Espectro de frecuencias en bandas de octava del ruido en cuestión

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_f$ (dB)	85	85	87	90	90	85	82	78

**TABLA 3**  
Datos de atenuación del protector (datos del fabricante)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$m_f$	24,9	25,4	25,9	27,8	28,3	33,2	30,9	40,2
$\sigma$	6,4	6,1	3,8	2,5	3,4	4,9	5,2	4,9
H = 27 dB; M = 25 dB; L = 23 dB								
SNR = 28 dB								

Se calcula el valor de  $APV_f$ , según la expresión (2) como aparece en la tabla 4, en la que se ha escogido una eficacia de protección del 84%.

**TABLA 4**  
Cálculo de atenuación del protector

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$m_f$	24,9	25,4	25,9	27,8	28,3	33,2	30,9	40,2
$\sigma$	6,4	6,1	3,8	2,5	3,4	4,9	5,2	4,9
$APV_f$	18,5	19,3	22,1	25,3	24,9	28,3	25,7	35,3

A continuación se aplica, por suma de los valores correspondientes (ver tabla 5), la ponderación A (fila 2) al nivel de presión sonora en cada octava (fila 1) y a continuación se le restan los valores de la protección asumida también de forma vertical (fila 4). Los valores resultantes por octava se suman en horizontal (suma logarítmica). El resultado es el nivel de presión sonora efectivo, ponderado A (fila 5, final).

Así mismo por suma horizontal logarítmica de los valores de la fila 1 se obtiene el nivel lineal de presión sonora no ponderado y en la fila 3, el nivel de presión sonora ponderado A. La suma logarítmica se calcula con la expresión:

$$L'_A = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{f=8000 \text{ Hz}} 10^{0,1L_f} \quad (4)$$

**Tabla 5**  
**Cálculo del nivel de presión sonora efectivo**

Fila	Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	global
1	$L_f$	85	85	87	90	90	85	82	78	$L = 96$ dB
2	Ponderación A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
3	$L_A$	58,8	68,9	78,4	86,8	90	86,2	83	76,9	$L_A = 93$ dB(A)
4	APVf	18,5	19,3	22,1	25,3	24,9	28,3	25,7	35,3	
5	$L'_A$	40,3	49,6	56,3	61,5	65,1	57,9	57,3	41,6	$L'_A = 68$ dB(A)

Los valores de  $L_A$  se representan gráficamente en la figura 1, y los  $APV_f$  y  $L'_A$  en la figura 2

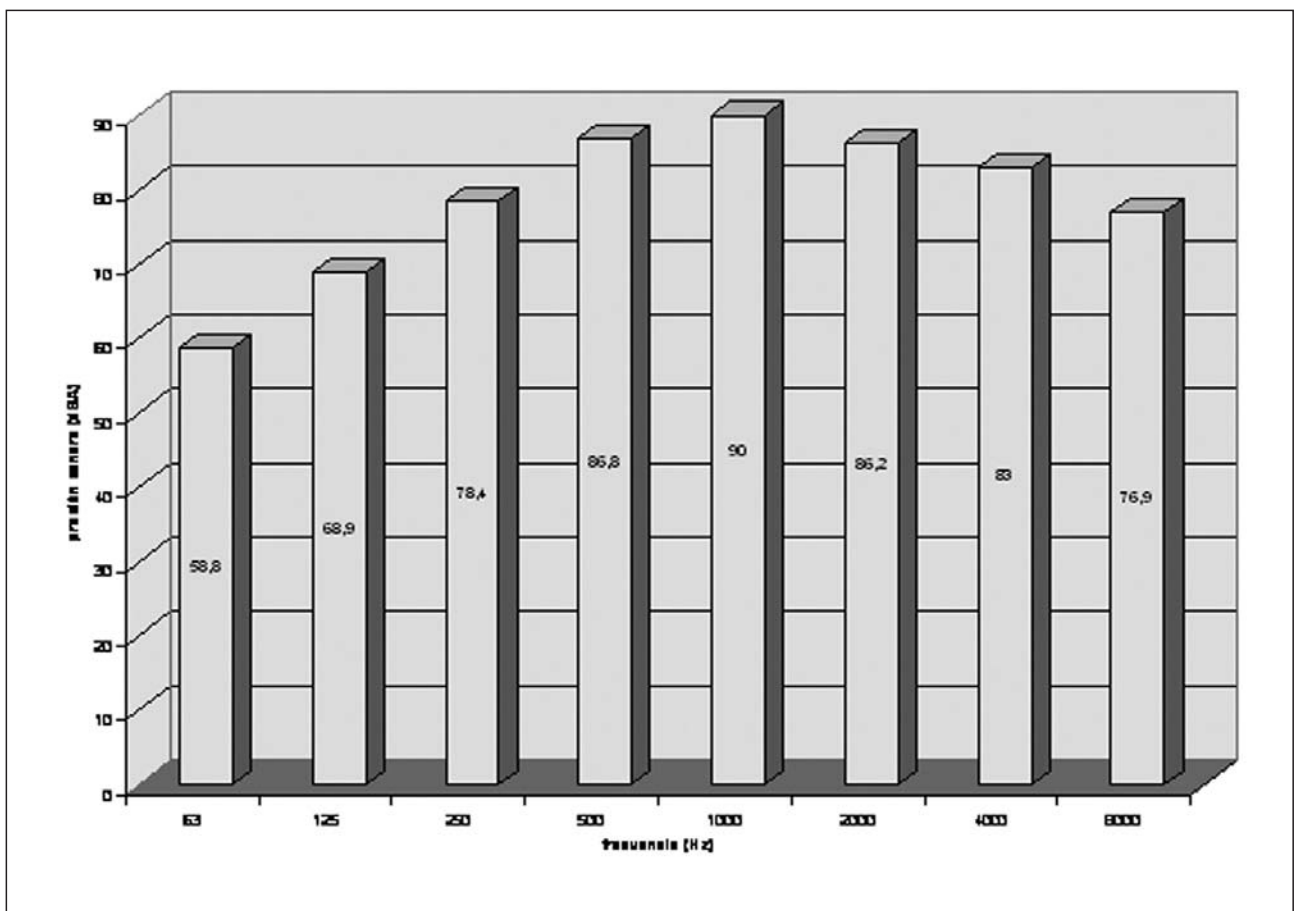


Figura 1. Espectro de frecuencias del ruido (incluyendo la ponderación A)

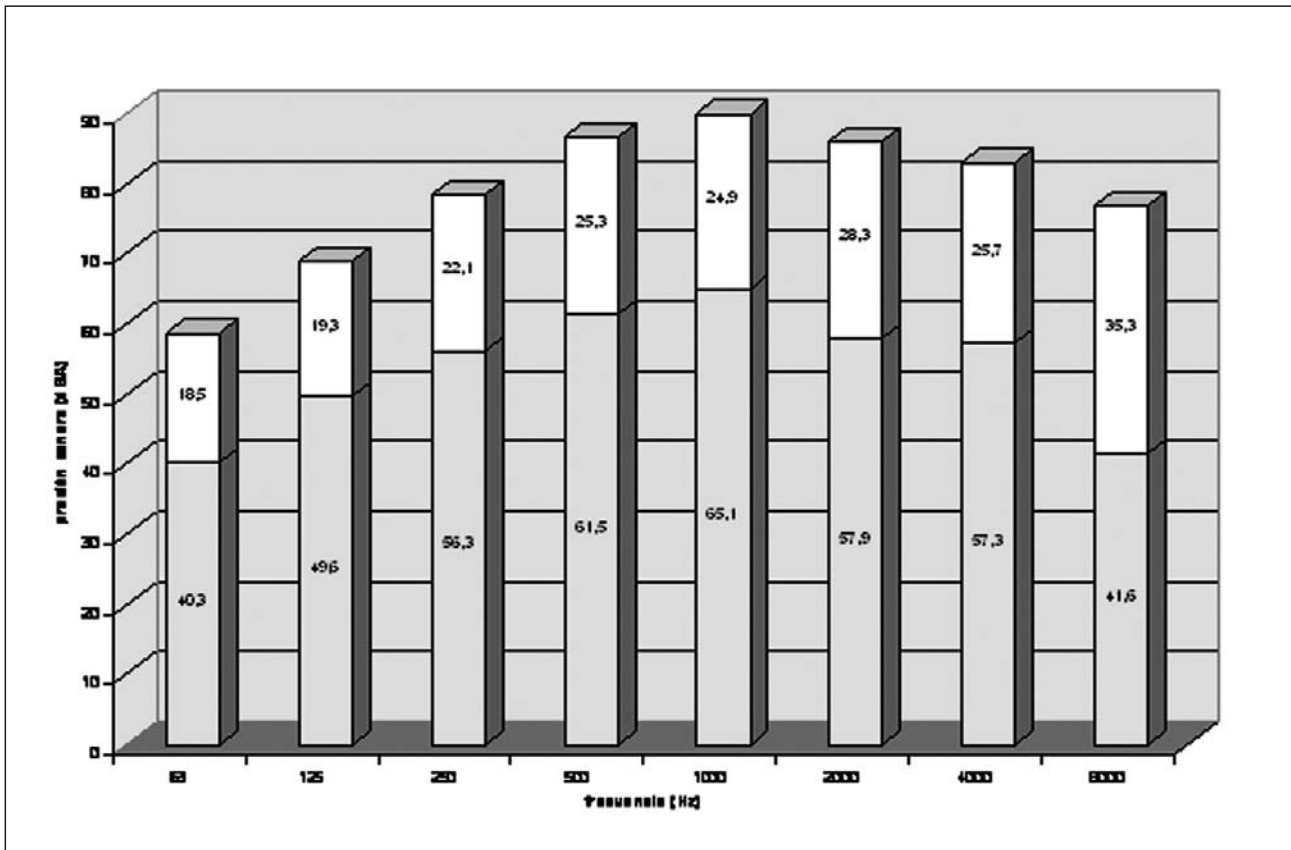


Figura 2. Espectro de frecuencias del ruido (incluyendo la ponderación A) y de atenuación del protector auditivo

La interpretación de los resultados es la siguiente: en un puesto de trabajo el nivel de presión sonora no ponderado es de 96 dB y, siendo el espectro de frecuencias el que se ha indicado, el nivel de presión sonora ponderado A es de 93 dB(A). Se utiliza un protector auditivo con el que el nivel de presión sonora efectivo ponderado A es  $L'_A = 68$  dB(A), con una probabilidad del 84% o, lo que es lo mismo, en 84 de cada 100 ocasiones que se use, por lo que la reducción prevista del nivel de ruido es  $PNR_{84} = L_A - L'_A = 25$  dB.

Naturalmente, la protección real está condicionada al uso correcto y al grado de mantenimiento del EPI.

#### Método de H, M y L

El método requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C, así como los valores de H, M y L del protector auditivo. Se calcula el valor de PNR según la diferencia entre  $L_C$  y  $L_A$  de la siguiente manera:

Si la diferencia  $L_C - L_A \leq 2$  dB, se utilizara la expresión (5); en caso de  $L_C - L_A \geq 2$ , la expresión (6).

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} [L_C - L_A - 2] \quad (5)$$

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} [L_C - L_A - 2] \quad (6)$$

El valor resultante de  $L'_A$  debe redondearse al entero más próximo. Se puede utilizar el nivel de presión acústica no ponderado en lugar del  $L_C$ .

Aunque es recomendable, no es imprescindible que la medición de nivel de ruido en las escalas A y C sea simultánea. Si no fuesen simultáneas, las mediciones deben corresponder a situaciones semejantes.

#### Ejemplo

Calcular los valores de  $L'_A$  y  $PNR_{84}$  para el caso del ejemplo anterior:

En la práctica, el empleo de este método es apropiado cuando se poseen los valores de  $L_C$  y  $L_A$  obtenidos de la medición; en este caso, en el que ya conocemos el valor de  $L_{A'}$ , se obtendrá  $L_C$  aplicando la ponderación C a los niveles de presión sonora en cada octava (tabla 6).

**TABLA 6**  
**Aplicación de la escala de ponderación C**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_f$	85	85	87	90	90	85	82	78	$L = 96$ dB
<b>Ponderación C</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,8</b>	<b>-3</b>	
$L_C$	84	85	87	90	90	85	81	75	$L_C = 95$ dB(C)

Así pues:  $L_C - L_A = 95 - 93 = 2$  dB

Se puede, en este caso, utilizar cualquiera de las expresiones (5) o (6) para obtener la reducción prevista del nivel de ruido.

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} [L_C - L_A - 2] = 25 - \frac{27 - 25}{4} [95 - 93 - 2] = 25 \text{ dB}$$

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} [L_C - L_A - 2] = 25 - \frac{25 - 23}{8} [95 - 93 - 2] = 25 \text{ dB}$$

Con este valor de PNR el nivel de presión sonora efectivo ponderado A será  $L'_A = 93 - 25 = 68$  dB(A) con una probabilidad del 84%.

#### Método del SNR

Se precisa el nivel de presión sonora ponderado C y el parámetro SNR del protector auditivo. Se calcula el nivel de presión sonora efectivo ponderado A de la siguiente forma:

$$L'_A = L_C - SNR$$

*Ejemplo:*

Continuando con los datos de los ejemplos anteriores, en este caso será:

$L_C = 95$  dB(C) y  $SNR = 28$  dB, por lo que  
 $L'_A = 95 - 28 = 67$  dB(A)

El nivel de presión sonora efectivo ponderado A será de 67 dB(A) con una probabilidad del 84%.

Cuando preponderan los niveles de presión sonora correspondientes a las frecuencias muy altas o muy bajas del espectro del ruido en cuestión (ruidos graves o agudos) aumentan las diferencias halladas entre los PNR calculados por los tres métodos.

En la tabla 8 se presentan los diferentes parámetros calculados para dos casos como los mencionados, cuyas características espectrales se dan en la tabla 7, utilizando el protector auditivo de los ejemplos anteriores.

**TABLA 7**  
**Características espectrales de dos ruidos diferentes**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Caso 1	70	75	82	86	96	102	111	102
Caso 2	110	106	98	94	90	87	84	80

**TABLA 8**  
**Parámetros de atenuación en los casos 1 y 2**

Ejemplo	Parámetros del ruido				Mét. bandas de octava		Método H M L H=27, M=25, L=23		Método SNR SNR=28	
	L	L <sub>A</sub>	L <sub>C</sub>	L <sub>C</sub> -L <sub>A</sub>	PNR	L' <sub>A</sub>	PNR	L' <sub>A</sub>	PNR	L' <sub>A</sub>
Caso 1	112	113	111	-2	26	87	27	86	30	83
Caso 2	112	97	111	14	22	75	22	75	114	83

Como se desprende de la tabla 8, en ambos casos y tomando como referencia los valores obtenidos a partir del método del espectro de bandas de octava, el método M H L ofrece una buena aproximación en el cálculo del PNR, mientras que se comete un gran error utilizando el SNR. Aunque los resultados también dependen del espectro de atenuación del protector auditivo, por regla general, cuando en los espectros del ruido en cuestión preponderan frecuencias bajas o muy altas, disminuye mucho la precisión del sistema de cálculo a partir del SNR, mientras que se mantiene una precisión aceptable en el método H M L.

#### Método de comprobación HML

Se utiliza cuando no se dispone del espectro de frecuencias del ruido ni del valor de L<sub>C</sub>. Es una simplificación del método HML. Se trata de proceder por escucha y restar directamente del nivel de ruido existente L<sub>A</sub> el valor H, M o L según el ruido se componga predominantemente de frecuencias altas, medias o bajas.

Mientras que la percepción de los ruidos permite, normalmente, distinguir aquéllos de baja frecuencia (ruidos de clase L), puede haber dudas entre altas y medias frecuencias por lo que se consideran ruidos juntos como de clase HM. A los primeros se resta el valor L del nivel L<sub>A</sub> para obtener el nivel atenuado L'<sub>A</sub>. A los otros se resta el valor M del protector auditivo, del valor L<sub>A</sub> para obte-

ner L'<sub>A</sub>. Cuando no existan dudas sobre la predominancia de altas frecuencias en el ruido se restará el valor de H en vez del de M.

En los anteriormente mencionados Casos 1 y 2, de acuerdo con los datos de la tabla 8:

Caso 1 (ruido clase HM)  $L'_A = L_A - M = 113 - 25 = 88 \text{ dB(A)}$

Caso 2 (ruido clase L)  $L'_A = L_A - L = 97 - 23 = 74 \text{ dB(A)}$

Aunque en ambos casos el resultado difiere del obtenido con otros métodos más consistentes (bandas de octava o HML) se ajusta mejor al obtenido mediante el índice SNR.

#### Ruido de impacto

Para conocer la atenuación de un protector auditivo frente al nivel de presión acústica de pico se determina primero si la energía acústica de los impactos está distribuida fundamentalmente en bajas, medias o altas frecuencias. En general, las detonaciones de explosivos dan lugar a picos de baja frecuencia. La mayoría de impactos (martillos, clavadoras y golpes en general) se pueden considerar de media-alta frecuencia. Disparos de pistola dan lugar a impactos de alta frecuencia.

Se debe restar al nivel de presión máxima de pico (L<sub>pico</sub>) el correspondiente valor de L, M o H según el tipo de impacto sea de baja, media-alta o alta frecuencia. En los dos primeros casos se debe restar además 5 dB a los valores de M y H.

Tipo de impacto	Atenuación del protector auditivo frente al nivel de pico
Bajas frecuencias	L-5
Frecuencias medias y altas	M-5
Frecuencias altas	H



*Ejemplo:*

Se desea conocer el comportamiento del protector auditivo cuyos datos de atenuación figuran en la tabla 8, frente a impactos procedentes de golpes con martillo cuyo nivel es  $L_{\text{pico}} = 139$  dB (C).

$$L'_{\text{pico}} = L_{\text{pico}} - (M - 5) = 139 - 25 + 5 = 119 \text{ dB (C)}$$

**Tiempo de utilización del protector auditivo**

El tiempo de utilización del protector auditivo tiene gran influencia en la protección real que ofrece. El nivel equivalente diario de presión

$$L'_{\text{Aeq,T}} = 10 \log \frac{1}{T} \left[ (T_{\text{EPI}} \cdot 10^{0,1L_{\text{Aeq,T_{EPI}}}} + (T - T_{\text{EPI}}) \cdot 10^{0,1L_{\text{Aeq,(T-T_{EPI})}}}) \right]$$

Si T es igual a 8 horas, el nivel equivalente correspondiente es el diario.

*Ejemplo:*

En el ejemplo anterior, el nivel de presión sonora efectivo ponderado A es  $L'_A = 93 - 25 = 68$  dB(A). Si ese nivel se mantiene durante 8 horas, ese será también el nivel equivalente diario (efectivo). Si, por el contrario, el trabajador se des-

sonora en un puesto de trabajo puede calcularse como:

$$L_{\text{Aeq,T}} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \times 10^{0,1L_{\text{Aeq,i}}}$$

Siendo  $L_{\text{Aeq,i}}$  los niveles de presión sonora existentes durante los periodos de tiempo  $T_i$ .

De la misma forma, el cálculo del nivel equivalente (efectivo) durante un tiempo T, si durante una parte  $T_{\text{EPI}}$  se utiliza un protector auditivo de reducción prevista, PNR, y el resto del tiempo no se utiliza protector alguno, es el siguiente:

prende de vez en cuando del protector (supongamos que 5 minutos de cada hora de trabajo) el nivel equivalente diario (efectivo) será:

$$L'_{\text{Aeq,d}} = 10 \log [(440 \cdot 10^{6,8} + 40 \cdot 10^{9,3}) / 480] = 83 \text{ dB(A)}$$

En la práctica el protector auditivo se comporta como si tuviese un valor de  $\text{PNR} = 93 - 83 = 10$  dB(A). En la tabla 9 se presentan los valores del PNR suponiendo otras frecuencias de descanso.

**TABLA 9**  
**Eficacia de protección del protector auditivo según la utilización**

Frecuencia de descanso		Eficacia de la protección	
El usuario no se desprende nunca del protector		$L'_A = 68$	$\text{PNR} = 25$
El usuario se desprende del protector durante la exposición	1 minuto de cada hora	$L'_A = 76$	$\text{PNR} = 17$
	2 minutos de cada hora	$L'_A = 79$	$\text{PNR} = 14$
	10 minutos de cada hora	$L'_A = 86$	$\text{PNR} = 7$
	15 minutos de cada hora	$L'_A = 87$	$\text{PNR} = 6$
	30 minutos de cada hora	$L'_A = 90$	$\text{PNR} = 3$

En la figura 3 se ha simulado la exposición del trabajador en función del tiempo de uso del protector. Puede observarse en ella que el nivel equivalente diario (efectivo) sólo es igual o menor que 80 dB(A) cuando el tiempo de utilización del protector supera el 95% de la jornada de 8 horas.

El efecto del tiempo de utilización del EPI en la reducción prevista del nivel de ruido (PNR)

de tres protectores diferentes ( $\text{PNR} = 10, 20$  y  $25$  dB) se puede extraer de la figura 4. Obsérvese que, cuando el protector se usa sólo la mitad del tiempo de exposición, los tres protectores auditivos ofrecen de hecho la misma protección.

En la práctica es muy frecuente que la persona que utiliza protectores auditivos "descanse" durante cortos espacios de tiempo de la

molestia que puede suponer su uso. Ya se han visto las consecuencias de la acumulación de esos periodos en los que habiendo exposición no hay protección, por lo que es importante que en la elección del protector auditivo intervenga directamente el usuario. Se tendrá en

cuenta además que el “aislamiento” que provoca una excesiva protección crea molestias añadidas, por lo que se recomienda que el protector ofrezca una protección PNR que garantice simplemente que el nivel de ruido en el oído se encuentre entre 65 y 80 dB(A).

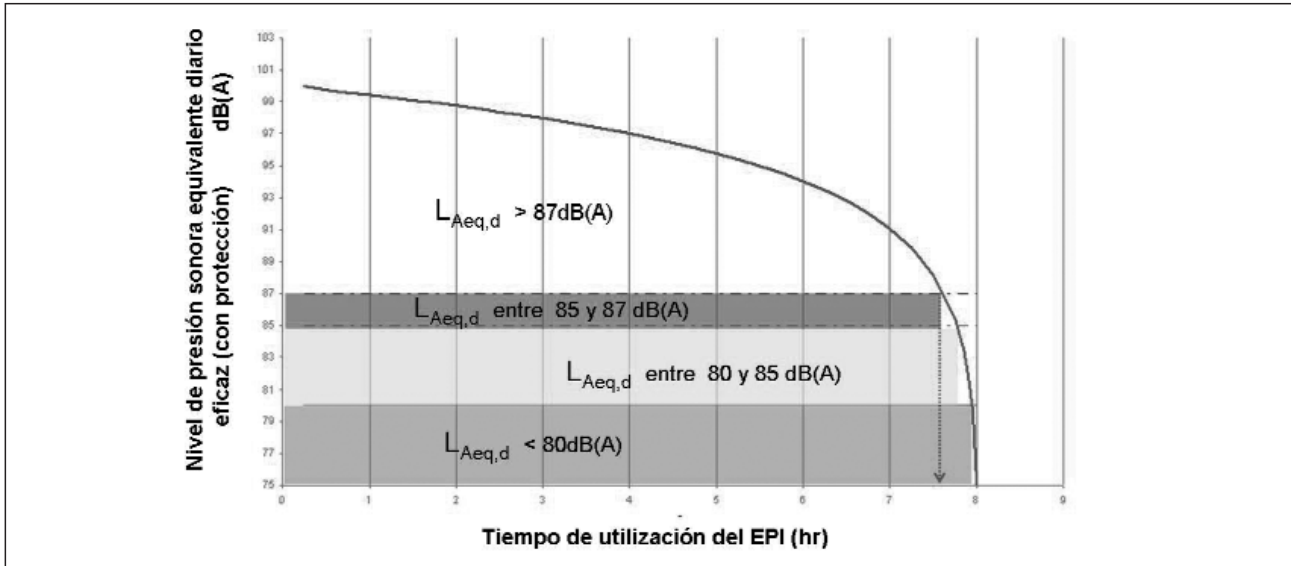


Figura 3. Nivel de exposición real, al ruido, al variar el tiempo de utilización del protector auditivo (PNR=25 dB Y  $L_{Aeq,T} = 100$  dBA).

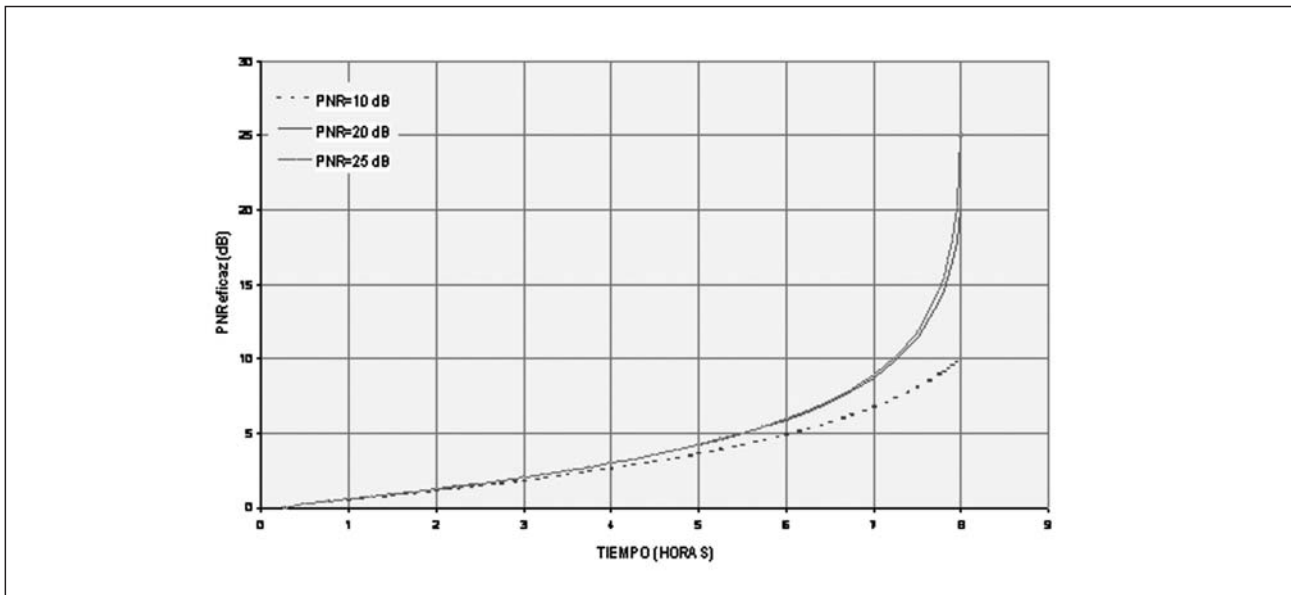


Figura 4. Variación del PNR con el tiempo de utilización del protector auditivo.

### 5. UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

Algunas indicaciones prácticas de interés en los aspectos de uso y mantenimiento del protector son:

- Los protectores auditivos deberán llevarse mientras dure la exposición al ruido. Retirar el protector, siquiera durante un corto espacio de tiempo, reduce notablemente la protección.

- Algunos tapones auditivos son de un solo uso, otros son reutilizables y pueden utilizarse durante un número determinado de días si su mantenimiento se efectúa de modo correcto. Se aconseja al empresario que precise en la medida de lo posible el plazo de utilización (vida útil) en relación con las características del protector, las condiciones de trabajo y del entorno, y que lo haga constar en las instrucciones de trabajo junto con las normas de almacenamiento, mantenimiento y utilización.

- Los tapones auditivos (sencillos o con arnés) son estrictamente personales. Por cuestiones de higiene, debe prohibirse su reutilización por otra persona. Los demás protectores (casco antiruido, orejeras, casquetes adaptables) pueden ser utilizados excepcionalmente por otras personas previa desinfección. Puede resultar necesario, además, cambiar las partes que están en contacto con la piel: almohadillas o cubre-almohadillas desechables.

- El mantenimiento de los protectores auditivos (con excepción de los desechables) deberá efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

- Tras lavarlos o limpiarlos, deberán secarse cuidadosamente los protectores y después se colocarán en un lugar limpio antes de ser reutilizados.

- Deberán sustituirse los protectores cuando hayan alcanzado su límite de empleo o cuando se hayan ensuciado o deteriorado.

Tal y como exige el punto 1.4 del Anexo II del RD 1407/1992, el folleto informativo del fabricante contendrá instrucciones precisas para cada EPI sobre su mantenimiento, limpieza, revisión, desinfección y la fecha o plazo de caducidad del EPI o de alguno de sus componentes, entre otra información. Por ello, dicho folleto será la primera fuente de consulta cuando se establezca el procedimiento de uso del EPI en la empresa.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 458:2005. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento. Documento guía. AENOR, Madrid, España, 2005.
- BERGER, E. H. ET AL. The noise manual. 5th ed. rev. Fairfax, VA: AIHA, 2003.

LISTA DE CONTROL “PROTECTORES AUDITIVOS”

DATOS DE CARÁCTER GENERAL			
Tipo de empresa/sector de actividad .....			
Tarea ejecutada .....			
CONDICIONES EXISTENTES EN EL TRABAJO Y SU ENTORNO	(poner una cruz en la columna correspondiente)		PRECISIONES
<b>RIESGOS MECÁNICOS</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	
Carida de objetos .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Ascenso de escalerillas y andamios .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Vías estrechas .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
<b>RIESGOS ELÉCTRICOS</b>			
Contactos eléctricos .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tensión voltios
Descargas electrostáticas .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
<b>RIESGOS TÉRMICOS</b>			
Frío .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Calor .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Humedad .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
LLuvia, nieve .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Proyección de metales en fusión .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>			
Polvos .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Naturaleza de los productos químicos
Ácidos .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Bases .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Disolventes .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Aceites .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Otros (indíquese) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
UTILIZACIÓN DE OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (especificuese) .....			
.....			

LISTA DE CONTROL "PROTECTORES AUDITIVOS"

DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS	(poner una cruz en la columna correspondiente)		PRECISIONES
<p><b>CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO</b></p> <p>Ruido continuo .....</p> <p>Ruido intermitente .....</p> <p>Ruido fluctuante .....</p> <p>Ruidos de impulso .....</p> <p>Ruido grave .....</p> <p>Ruido agudo .....</p> <p>Posibilidad de conversar a 3 m ...</p> <p>Posibilidad de conversar a 1 m ...</p>	<p>SÍ</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>NO</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>Nivel: ..... dB (A)</p> <p>Nivel: ..... dB (A)</p> <p>Nivel continuo equivalente ..... dB(A)</p> <p>Nivel pico ..... dB (A)</p> <p>A ser posible, índice armónico: Lc - La ..... dB</p>
<p><b>PERCEPCIÓN DEL HABLA Y DE SEÑALES SONORAS</b></p> <p>Necesidad de percibir:</p> <p>Señales sonoras de peligro .....</p> <p>Órdenes o señales orales de advertencia .....</p> <p>Otras informaciones acústicas ....</p> <p>Necesidad de comunicarse verbalmente con otras personas .....</p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>	
<p><b>OTROS DATOS</b></p> <p>Duración diaria de exposición al ambiente ruidoso ..... h</p> <p>Nivel habitual de exposición sonora (si se sabe) <math>L_{Ex, d}</math> ..... dB (A)</p> <p>Análisis espectral del (o de los) ruido (s): adjúntese (si se posee)</p> <p>Otros datos útiles para la definición del protector auditivo .....</p> <p>.....</p>			

## APÉNDICE 5

### MEDICIONES DEL NIVEL DEL RUIDO

#### 1. INTRODUCCIÓN

Este Apéndice recoge las estrategias recomendadas para realizar las mediciones de los niveles de ruido de acuerdo con la normativa técnica existente.

El documento de referencia es la norma ISO 9612:1997 "Acoustics-Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment" que en el momento de redactar esta Guía está en periodo de revisión para adaptar su contenido a los criterios establecidos en el documento "GUM. Guide to the expression of uncertainty in the measurements. ISO, 1995", aceptado internacionalmente como referencia en el cálculo de la incertidumbre de los resultados de las mediciones.

A falta de la publicación de la norma revisada, este Apéndice se basa en el *NORDTEST METHOD NT Accou 115 (2005) Measurements of occupational noise exposure of workers: Part II: Engineering Method* y en el documento ISO/TC 43/SC 1 N1649 que con poca variación está previsto que se convierta en la nueva versión de la ISO 9612. Los contenidos de ambos documentos son similares aunque el primero trata el tema de forma resumida.

De acuerdo con el real decreto, la evaluación de la exposición al ruido precisa, en general, de la medición de los niveles de ruido y la correspondiente comparación con los valores inferior y superior de exposición así como con los valores límite. La forma en la que se desarrollan las mediciones determina la fiabilidad de los resultados, que deberían ofrecer garantías más allá de la mera exposición de unos valores numéricos.

La elección de la estrategia de medición supone la planificación de las mediciones en lo que respecta al tiempo de duración, la elección de la jor-

nada o jornadas de medición, los periodos de la jornada que se desea medir, los trabajadores sobre los que se van a realizar dichas mediciones y los instrumentos que se van a utilizar. De acuerdo con la normativa técnica referenciada anteriormente, se ofrecen tres tipos de estrategia de medición, para la obtención del nivel diario equivalente. El valor que se obtiene finalmente, redondeando decimales, debe servir de base para la comparación con los valores establecidos en el real decreto.

No obstante, lo que se obtiene de cualquier medición es un intervalo de valores (determinado por la incertidumbre) en el que se encuentra con una cierta probabilidad el verdadero valor.

Independientemente de que se calcule la incertidumbre correspondiente al resultado obtenido (ver apartado 5) el técnico debe tener en cuenta, de cara a las conclusiones evaluativas, que el resultado que obtiene lleva siempre asociado un valor de incertidumbre, que raramente es menor de 1 dB, fruto de la combinación de las incertidumbres debidas a los instrumentos de medición, forma en que se ha medido, variación temporal de las condiciones de trabajo, etc.

En el Anexo II (*Medición del ruido*, apartado 2) del real decreto se expone que el objetivo básico de las mediciones es el de posibilitar la toma de decisiones sobre el tipo de actuaciones preventivas que deberán emprenderse. En consecuencia, cuando el intervalo en el que se encuentra el parámetro medido comprenda los valores de referencia (valores de exposición o límite) se puede asumir directamente que la exposición vulnera esos valores o bien disminuir la incertidumbre aumentando el número o calidad de las mediciones. Esta filosofía (ver tabla 1) debería inspirar la evaluación.

**TABLA 1**  
**Valoración de los resultados\***

$\text{Si } L_{\text{Aeq,d}} - U \leq L_{\text{ref}} \leq L_{\text{Aeq,d}} + U$	No se puede extraer una conclusión respecto a la superación del valor de referencia. Debe repetirse o ampliarse el muestreo y conseguir mayor precisión. Se puede optar, a efectos de prevención, por considerar que se sobrepasa el valor de referencia ( $L_{\text{ref}}$ ).
$\text{Si } L_{\text{Aeq,d}} + U \leq L_{\text{ref}}$	No se sobrepasa el valor de referencia.
$\text{Si } L_{\text{Aeq,d}} - U > L_{\text{ref}}$	Se sobrepasa el valor de referencia.

\*U = incertidumbre asociada a los resultados



Más adelante se muestra la forma de obtener la incertidumbre de los resultados de acuerdo con la estrategia de medición elegida.

## 2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para la medición del ruido se pueden utilizar sonómetros, sonómetros integradores promedidores y dosímetros personales (medidores personales de exposición sonora), como mínimo de clase 2 en las condiciones que se establecen en el Anexo III del Real Decreto 286/2006.

En general es recomendable utilizar instrumentos de clase 1, sobre todo cuando predominan las frecuencias altas y en ambientes muy fríos (por ejemplo: cámaras frigoríficas). Sus requisitos de funcionamiento se cumplen entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ , mientras que los de la clase 2, entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $40^{\circ}\text{C}$ . Antes de realizar mediciones en ambientes muy fríos debería consultarse al fabricante sobre el comportamiento esperado de los instrumentos de medición así como sobre las precauciones adicionales a tener en cuenta reflejándolo posteriormente en el informe de evaluación.

Los instrumentos utilizados para la medición del ruido (sonómetros, dosímetros y calibradores acústicos) deben cumplir con lo dispuesto en la Orden ITC/2845/2007 de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la realización de mediciones reglamentarias de niveles de sonido audible y de los calibradores acústicos. Entre los requisitos exigibles figuran los relativos a certificado de conformidad, verificación después de reparación o modificación y verificación periódica. (Ver los comentarios de esta Guía al Anexo III del Real Decreto 286/2006).

En el caso de los sonómetros, antes de las mediciones es conveniente comprobar (no ajustar) los mismos con un calibrador acústico. El técnico tendrá en cuenta, para los cálculos, la posible desviación respecto a la señal acústica del calibrador y en caso de que dicha desviación de la medida sea mayor que la que admite el fabricante (en general desviaciones de más de 0,5 dB) deberá procederse a la reparación y verificación correspondiente.

Mientras que la verificación implica el ajuste de los parámetros de medición a una referencia, y la realiza una entidad acreditada, como se indicó en el párrafo anterior, la comprobación con calibrador, que realiza el técnico de prevención antes de realizar la tanda de mediciones con sonómetro, es la constatación de que el instrumento mide dentro de unos márgenes técnicamente aceptables y no debe incluir el ajuste del instrumento.

Por el contrario, los dosímetros deben ser comprobados y en caso necesario ajustados, antes de las mediciones, utilizando un calibrador acústico. Así lo indica la norma UNE-EN 61252:1998 cuyos requisitos deben cumplir los dosímetros de acuerdo con la Orden ITC/2845/2007 y el propio Real Decreto 286/2006.

El tipo de instrumento influye en el resultado final. En general la utilización del dosímetro personal (que a menudo es necesaria) supone el incremento de contribuciones falsas (golpes) o atípicas (música, voces) que sobrevaloran la exposición. Pero ofrece mayor fidelidad frente a fuentes sonoras próximas al oído o cuando se usan herramientas manuales. En estas situaciones los sonómetros o sonómetros integradores de uso manual suelen infravalorar las exposiciones. La buena práctica y la experiencia del técnico pueden compensar estos defectos.

La medición con *dosímetros personales* es recomendable cuando el puesto de trabajo implica movilidad y el establecimiento de tiempos y localización del trabajador es prácticamente imposible, por ejemplo en trabajos de mantenimiento o, en general, cuando la variación del nivel de ruido es muy grande o impredecible, a lo largo de la jornada, y no se puede analizar con un sonómetro integrador.

Es recomendable observar y anotar las actividades que realiza el trabajador mientras lleva el dosímetro, comparando los datos con el resultado de la medición para poder identificar posteriormente los valores característicos. Esta práctica es especialmente necesaria cuando se mide el nivel de pico, ya que es relativamente frecuente que golpes o roces fortuitos en el micrófono falseen los resultados.

En general, aunque las mediciones se efectúen con dosímetros personales, es conveniente obtener, con un sonómetro integrador, referencias del nivel de ruido existente en las diferentes situaciones que pueden darse, incluidos los valores de pico. Esto permite comprobar si los resultados son coherentes.

Los dosímetros personales, que son portados por el trabajador, deben colocarse de forma que el micrófono se mantenga a unos 10 centímetros del canal de entrada al oído (preferiblemente en el oído más expuesto) y a 4 centímetros por encima del hombro. El cable será sujetado de tal modo que la influencia mecánica o la cubierta de ropa no conduzcan a resultados falsos.

Los *sonómetros* y *sonómetros integradores* pueden colocarse en lugares fijos previamente estableci-

dos o ser sostenidos por el técnico permaneciendo éste próximo al trabajador. Respecto a la posición del sonómetro durante la medición, se tendrá en cuenta el efecto del propio cuerpo del trabajador y el de la persona que realiza las mediciones.

A tal fin, la medición se realizará preferentemente en ausencia del trabajador y colocando el micrófono en el lugar que ocupa habitualmente aquél (a la altura de su cabeza). Si es posible, se deberían contrastar las mediciones con y sin la presencia del trabajador en su puesto, sobre todo cuando predominan frecuencias altas.

Si no es posible que el trabajador abandone momentáneamente el puesto, el micrófono se localizará a una distancia aproximada de entre 10 y 40 centímetros del pabellón auditivo externo (canal de entrada al oído) buscando el punto de mayor recepción. Cuando no es posible que el micrófono se sitúe a una distancia menor de 40 cm, se debería utilizar un dosímetro.

Si la situación del trabajador no permite fijar fácilmente la posición del micrófono en la forma recomendada, se colocará éste a una altura de  $1,55 \text{ m} \pm 0,075 \text{ m}$  del suelo, si el trabajador está de pie o a  $0,80 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$  del plano del asiento, si trabaja sentado. Es preferible utilizar un trípode para sujetar el instrumento o el micrófono. De no ser así, es preferible mantener el brazo extendido durante la medición.

Para situar el micrófono en la dirección adecuada se deben seguir las instrucciones del fabricante. Como norma general, si el trabajador permanece estático durante el trabajo, el micrófono seguirá la dirección de la vista del trabajador. Al hacer las mediciones se tendrá en cuenta que pequeñas variaciones en la posición del micrófono ocasionan cambios apreciables en los resultados cuando la fuente está muy cerca del micrófono. Se recomienda que el micrófono se mueva en un intervalo de entre 0,1 y 0,5 metros para determinar variaciones locales.

### 3. SELECCIÓN DE LA JORNADA DE MEDICIÓN

Para efectuar las mediciones se elegirán una o más jornadas que el técnico, sobre la base de la información recibida de la empresa y de los trabajadores, considere características (o representativas) del trabajo habitual. Cuando la exposición al ruido varía sistemáticamente entre diferentes jornadas, en virtud de lo dispuesto en el artículo 5.3, se debería tomar como referencia el periodo semanal en lugar del diario. En estos casos se obtiene el

nivel de exposición semanal equivalente,  $L_{Aeq,s}$  que está dado por la expresión (1):

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^m 10^{L_{Aeq,di}/10} \quad (1)$$

donde «m» es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y  $L_{Aeq,di}$  es el nivel de exposición diario equivalente ponderado A correspondiente al día «i».

Aunque, de acuerdo con la norma ISO 1999:1990, para valorar el riesgo de pérdida de audición a largo plazo, debida al ruido, es técnicamente adecuado tomar el valor de  $L_{Aeq,d}$  como el valor medio de los diferentes  $L_{Aeq,di}$  de las jornadas en las que el individuo está expuesto a ruido, el real decreto, al establecer sus valores de referencia y valores límite, plantea el  $L_{Aeq,d}$  como un parámetro en el que la referencia temporal es la jornada de trabajo o como mucho la semana, mediante el  $L_{A,eq,s}$ . Por este motivo, cuando deba tomarse como referencia el periodo semanal, se elegirá el valor de  $L_{Aeq,s}$  más representativo de las condiciones de trabajo, pero si la variabilidad fuera tan grande que existieran diferencias apreciables entre los valores de  $L_{Aeq,s}$  correspondientes a distintas semanas, a los efectos de la adopción de las correspondientes medidas preventivas se tomará como referencia la semana en la que el valor de  $L_{Aeq,s}$  sea más elevado (si se puede prever).

La información recabada debería detallar lo concerniente a los factores que puedan influir en el nivel de ruido y a su variación en el tiempo y el espacio. Para ello incluirá las diferentes operaciones que se llevan a cabo durante la jornada, las fuentes de ruido existentes, la distribución del ruido por zonas de trabajo, el trabajo habitual y los episodios de ruido significativos. La información debe posibilitar que el técnico, una vez realizadas las mediciones, sea capaz de reconocer los valores obtenidos al identificar las causas que los motivaron.

### 4. ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN

La necesidad de obtener una exactitud razonable en los resultados de las mediciones hace que éstas deban organizarse de forma distinta según cuales sean las condiciones del trabajo. Así, si el trabajo se realiza en un puesto fijo y sus características son relativamente estables en relación con el ruido generado, la estrategia de medición será distinta de la empleada en el caso en que el traba-

gador se desplace a distintas ubicaciones y en cada una de ellas se registren niveles de ruido distintos.

En el ya mencionado documento ISO/TC 43/SC 1 N1649, se consideran tres estrategias diferenciadas: las mediciones basadas en la operación o la

tarea, las mediciones basadas en el trabajo y las mediciones de jornada completa. La tabla 2 resume las características de los tipos de trabajo a los que se adapta cada estrategia y la aplicabilidad de la misma.

**TABLA 2**  
**Selección de estrategias de medición**

Características del trabajo			Tipo de estrategia de medición		
Movilidad del puesto	Complejidad de la tarea	ejemplo	Mediciones basadas en la operación	Mediciones basadas en el trabajo	Mediciones de la jornada completa
fijo	Sencilla o una sola operación	Soldar componentes electrónicos en línea de montaje	recomendada		
fijo	Compleja o con muchas operaciones	Cortar, preparar soldar piezas	recomendada	aplicable	aplicable
móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas operaciones	Cargar y descargar camiones en puerto descarga	recomendada	aplicable	aplicable
móvil	Trabajo definido con muchas operaciones o con un patrón de trabajo complejo	Taller de carpintería Operaciones con sierra, tupí, cepillado, etc.	aplicable	aplicable	aplicable
móvil	Patrón de trabajo impredecible	Reparaciones-mantenimiento. Conductor de toro		aplicable	recomendada
fijo o móvil	Compuesta de muchas operaciones cuyo tiempo de duración es impredecible	Trabajos en taller calderería		recomendada	aplicable
fijo o móvil	Sin operaciones asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	Encargado de un taller		recomendada	aplicable

#### 4.1 Mediciones basadas en la operación o la tarea

Se divide en operaciones o tareas la jornada de trabajo. Dentro de cada operación el trabajo que se realiza debe ser similar y el nivel equivalente,  $L_{Aeq, T}$  correspondiente debe ser repetible y representativo de ella. Debe conocerse la duración de la operación. Cuando las fuentes de ruido presentes

en una operación son de gran intensidad cobra gran importancia la exactitud de ese dato. La duración de la operación puede determinarse contrastando la información de los trabajadores y de los encargados, observando y midiendo la duración y recogiendo información sobre la actividad de las fuentes características de ruido durante la operación. Opcionalmente puede medirse la dura-

ción de la operación, por ejemplo tres veces y aceptar la media aritmética como el valor correcto o consultar, a la vista de los resultados, con el trabajador y el encargado.

El tiempo de medición en cada operación depende de la variación del nivel de ruido. Si la operación dura menos de 5 minutos, se debe medir durante toda la operación. Si la operación dura más, como mínimo debe medirse el  $L_{Aeq, t}$  durante 5 minutos.

Cuando el ruido durante la operación es cíclico, la medición debe cubrir al menos tres ciclos enteros y en todo caso un número entero de ciclos. Cuando la duración de tres ciclos es menor de 5 minutos, la duración de la medición debe extenderse por encima de 5 minutos cubriendo un número entero de ciclos.

Si en una operación el ruido fluctúa de forma aleatoria, el tiempo de medición debe ser el suficiente para que el resultado sea representativo del ruido existente durante la operación.

Cuando el ruido es estable la duración de la medición puede ser mucho menor que la de la operación (aunque no se puede establecer un tiempo mínimo de aplicación general, se puede optar por realizar mediciones de, como mínimo, 1 minuto y proceder según se indica en el párrafo siguiente).

Sea cual sea el tipo de ruido, la medición debería repetirse tres veces para cada operación. Si los resultados de una misma operación difieren 3 dB o más, se optará por una de las siguientes acciones:

- Subdividir la operación en otras operaciones y proceder como se ha indicado anteriormente con cada nueva operación.
- Realizar otras tres mediciones como mínimo para la operación en cuestión.
- Realizar una nueva serie de mediciones alargando el tiempo de cada una de ellas hasta que la diferencia sea inferior a 3 dB.

El valor del nivel equivalente de presión sonora para cada operación se calcula con la siguiente expresión:

$$L_{Aeq, T, m} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq, T, m, n} / 10} \right] \text{dB (A)} \quad (2)$$

donde:  $L_{Aeq, T, m}$  es el nivel equivalente durante la operación  $m$ ,  $L_{Aeq, T, m, n}$  es el resultado de cada una de las mediciones de dicha operación y  $N$  es el número de mediciones.

La contribución de cada operación al nivel equivalente diario es la siguiente:

$$L_{Aeq, d, m} = 10 \log \left[ \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq, T, m} / 10} \right] \text{dB (A)} \quad (3)$$

donde  $L_{Aeq, T, m}$  es el nivel equivalente durante la operación  $m$  y  $T_m$  es el valor medio de la duración de dicha operación.

El nivel equivalente diario se puede calcular de dos formas a partir de las operaciones:

$$L_{Aeq, d} = 10 \log \left[ \sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq, T, m} / 10} \right] \text{dB (A)} \quad (4)$$

$$L_{Aeq, d} = 10 \log \left[ \sum_{m=1}^M 10^{L_{Aeq, d, m} / 10} \right] \text{dB (A)} \quad (5)$$

#### 4.2 Mediciones basadas en el muestreo durante el trabajo

En este tipo de estrategia, propuesta en el documento ISO/TC 43/SC 1 N1649, se trata de tomar aleatoriamente muestras durante el desarrollo del trabajo. La estrategia es apropiada cuando la jornada no puede dividirse en operaciones o no está clara dicha división. No es un sistema adecuado cuando hay episodios de ruido muy intensos y de corta duración.

El muestreo puede llevarse a cabo en un grupo homogéneo de exposición (GHE), es decir, un grupo de trabajadores cuya exposición, a la vista de las condiciones de su trabajo, debería ser similar.

De acuerdo con la tabla 3 se selecciona la duración acumulada mínima de las mediciones. A continuación se elige el número de mediciones (como mínimo 5) y se decide la duración de cada muestra. Hay que asegurarse de que las muestras se distribuyen aleatoriamente tanto entre los trabajadores del GHE, como a lo largo de la jornada de trabajo.

Los resultados del análisis de trabajo, el juicio profesional y la viabilidad pueden orientar para la selección de algunas muestras para asegurarse de que se incluyen acontecimientos ruidosos específicos.

**TABLA 3**  
**Selección de la duración del muestreo**

Número de trabajadores del grupo homogéneo (G)	Duración mínima acumulada de las mediciones (horas)
$G \leq 5$	5
$5 < G \leq 15$	$5 + (G-5)/2$
$15 < G \leq 40$	$10 + (G-15)/4$
$G > 40$	17 o subdividir el grupo

Ejemplo: Se desea medir el nivel de ruido en un grupo de 10 trabajadores que en apariencia sufren similar exposición. Se procede de la siguiente forma:

De acuerdo con la tabla 3 la duración mínima acumulada del muestreo ( $G=10$ ) debe ser de  $5+(10-5)/2=7,5$  horas. Se decide realizar 10 muestras por lo que cada una durará 45 minutos. La elección del número de muestras se hace de forma que queden incluidas la variación espacial y temporal del ruido, así como el número de trabajadores.

Se seleccionan cinco de los diez trabajadores, por ejemplo los que se muestren más colaboradores. En la selección del número, intervendrán también factores como la posibilidad de controlar las muestras, el número de dosímetros disponibles, etc.

Se divide la jornada en periodos de 45 minutos (por ejemplo: de 8 a 8,45; de 8,45 a 9,30, etc.). Cuando se producen episodios aislados de ruido, especialmente alto, se designan de entrada los periodos de 45 minutos que los contienen.

El cálculo del nivel equivalente, durante la exposición de la jornada, asignable a los trabajadores del GHE, es:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{L_{Aeq,T,n}/10} \right] \text{ dB (A)} \quad (6)$$

Donde  $L_{Aeq,T,n}$  es el nivel equivalente obtenido de la muestra  $n$  y  $N$  es el número de muestras tomadas.

Por último, el nivel equivalente diario de los trabajadores del GHE es:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left[ \frac{T}{8} \right] \text{ dB (A)} \quad (7)$$

Donde  $T$  es el tiempo de exposición durante la jornada.

### 4.3 Mediciones de la jornada completa

Este tipo de medición supone cubrir la totalidad del tiempo de trabajo de la jornada, incluyendo tanto los periodos más ruidosos como los más tranquilos. Lo más práctico es, en estos casos, utilizar dosímetros personales. Cuando no es posible que las mediciones se extiendan a la totalidad de la jornada, deben cubrir lo máximo posible e incluir los periodos más significativos de ruido.

Ya que el valor que se obtiene es la media de lo que ha ocurrido, al emplear periodos prolongados y utilizar dosímetros personales, este tipo de medición tiene el riesgo de incluir contribuciones falsas. La forma de contrarrestar este riesgo es disponer de buena información sobre lo que ha ocurrido durante la medición mediante la observación, la realización de mediciones prospectivas, interrogando a los trabajadores sobre las actividades realizadas y los lugares donde ha permanecido o valorando la exposición alternativamente sobre trabajadores seleccionados.

También proporciona buena información la utilización de dosímetros personales que proporcionen el historial de la exposición (por ejemplo: evolución temporal del nivel de presión sonora).

Inicialmente se realizan mediciones sobre tres jornadas completas, tomadas sobre grupos homogéneos de exposición (GHE). La media de las tres jornadas se toma como el  $L_{Aeq,d}$ . Si los resultados difieren 3 dB o más, se deberá medir sobre una jornada adicional.

### 5. INCERTIDUMBRE DE LOS RESULTADOS

La incertidumbre asociada a una serie de mediciones tiene orígenes diversos, entre los que destacan los siguientes:



- a) Incertidumbre debida a la posición del micrófono, tipo de instrumentación y calibración.
- b) Incertidumbre debida a las variaciones en el trabajo diario (variación del nivel de ruido y variación del tiempo de exposición).
- c) Errores debidos a falsas contribuciones que pueden falsear los resultados (viento, golpes al micrófono, etc.).
- d) Errores en el análisis previo de las condiciones de trabajo.
- e) Contribuciones de fuentes de ruido ajenas al trabajo (voz humana, música, señales de alarma, etc.).

Algunos de los factores mencionados, como la acción del viento o los golpes en el micrófono (errores), deben detectarse y controlarse. Otros tienen carácter aleatorio y su importancia queda reflejada en el cálculo de su contribución a la incertidumbre global ( $U$ ) que veremos a continuación para cada una de las estrategias de medición consideradas. Finalmente, las contribuciones de fuentes de ruido ajenas al propio trabajo pueden suponer un incremento del valor final medido y su inclusión o no es decisión del técnico en cada caso.

El tipo y el estado de los instrumentos de medición, la forma de trabajar del técnico encargado de las mediciones y la calidad de la información que recibe respecto a las condiciones de exposición al ruido en el puesto de trabajo determinan la fiabilidad de los resultados.

La incertidumbre combinada ( $U$ ), asociada a los resultados de la medición, se obtiene como suma de las contribuciones de las diferentes fuentes de incertidumbre:

$$U^2 = \sum_j c_j^2 u_j^2 \quad (8)$$

$$U^2 = \sum_m \left\{ C_{a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + \left[ \frac{4,34 C_{a,m}}{T_m} \right]^2 u_{1b,m}^2 \right\} \quad (10)$$

Donde:

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre estándar debida al muestreo de la operación  $m$ .

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la operación  $m$ .

$u_{2,m}$  es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medición usado para la operación  $m$ , dado por la tabla 4.

$u_{3,m}$  es la incertidumbre estándar debida a la imperfecta selección de la posición del micrófono en la operación  $m$ . (tabla 5).

Donde:  $U$  es la incertidumbre combinada,  $u_j$  es la incertidumbre estándar de la fuente de incertidumbre correspondiente (por ejemplo: el tipo de instrumento, la posición del micrófono, etc.) y  $c_j$  es el coeficiente de sensibilidad de esa fuente de incertidumbre, que pondera la importancia con que participa  $u_j$  en la incertidumbre combinada. Matemáticamente,  $c_i$  es la derivada parcial de la función con respecto a la variable en cuestión (por ejemplo, derivada parcial del  $L_{Aeq,d}$  respecto al tiempo).

La incertidumbre combinada es la estimación de la variancia esperada de los resultados de las mediciones efectuadas. Ello implica que el intervalo de confianza de  $L_{Aeq,d}$  sea  $[L_{Aeq,d} - \alpha U, L_{Aeq,d} + \alpha U]$ , el coeficiente  $\alpha$  adopta el valor correspondiente a la ley normal para el nivel de confianza deseado.

### 5.1 Determinación de la incertidumbre asociada a la medición basada en las operaciones

El nivel equivalente diario de presión sonora ( $L_{Aeq,d}$ ) se obtiene a partir de las operaciones que se realizan en el puesto de trabajo mediante la expresión (5):

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[ \sum_{m=1}^M 10^{L_{Aeq,d,m}/10} \right] \text{ dB (A)} \quad (9)$$

donde  $L_{Aeq,d,m}$  es la contribución de la operación  $m$  al nivel equivalente diario.

La incertidumbre combinada se calcula a partir de las diferentes contribuciones de incertidumbre, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$T_m$  es el valor medio de los valores obtenidos del tiempo de duración de la operación  $m$ .

$C_{a,m}$  es el coeficiente de sensibilidad correspondiente a la operación  $m$ , cuyo valor viene dado por la expresión:

$$C_{a,m} = \frac{T_m}{8} 10^{\frac{L_{Aeq,Tm} - L_{Aeq,d}}{10}} \quad (11)$$



**TABLA 4**  
**Incertidumbre estándar de los instrumentos de medida (\*)**

Tipo de instrumento	Incertidumbre estándar ( $u_2$ ) en dB
Sonómetro de clase 1 (según IEC 61672-1)	0,5
Dosímetro personal (según IEC 61252)	1,0
Sonómetro de clase 2 (según IEC 61672-1)	1,0

(\*) Sólo válido para el  $L_{Aeq, T}$ . El valor de  $u_2$  para  $L_{pico}$  puede ser considerablemente más alto.

El cálculo de  $u_{1a,m}$  se realiza con la expresión:

$$u_{1a,m} = \frac{S_{L_{Aeq, T, m}}}{\sqrt{N}} \quad (12)$$

donde  $S_{L_{Aeq, T, m}}$  es la desviación estándar del conjunto de valores medidos de  $L_{Aeq, T}$  en la operación  $m$  y  $N$  es el número de muestras que se han tomado:

$$S_{L_{Aeq, T, m}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq, T, mn} - \overline{L_{Aeq, T, m}})^2 \right]} \quad (13)$$

La incertidumbre estándar de la duración de la operación,  $U_{1b,m}$ , se calcula mediante la expresión:

$$U_{1b,m} = \frac{S_{T, m}}{\sqrt{N}} \quad (14)$$

Donde  $S_{T, m}$  es la desviación estándar del conjunto de valores medidos de  $T$  en la operación  $m$  y  $N$  es el número de veces que se ha medido el tiempo de duración de la operación  $m$ :

$$S_{T, m} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{n=1}^N (T_{n, m} - \overline{T}_m)^2 \right]} \quad (15)$$

La incertidumbre estándar debida a la imperfecta selección de la posición del micrófono  $u_{3,m}$  se obtiene de la tabla 5.

**TABLA 5**  
**Incertidumbre estándar  $u_3$  debida a la posición del micrófono**

Características de la medición	Incertidumbre estándar $u_3$ en dB	
	El trabajador se halla en campo reverberante (*)	El trabajador recibe mayoritariamente sonido directamente de la fuente
Medición con el trabajador ausente	0,3	0,5
Medición con dosímetro personal o el trabajador presente	0,9	1,5

El sonido se compone fundamentalmente de las ondas reflejadas en paredes, techos, etc. El trabajador se halla a una cierta distancia de las fuentes sonoras y el sonido directo pierde importancia frente al reflejado.

## 5.2 Determinación de la incertidumbre asociada a la medición basada en el muestreo durante el trabajo

La expresión general para obtener el  $L_{Aeq,d}$  del puesto de trabajo a partir del trabajo es la expresión (7):

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left[ \frac{T}{8} \right] \text{ dB (A)} \quad (16)$$

Donde  $L_{Aeq,T}$  viene dado por la expresión (6).

La incertidumbre combinada  $U$  se calcula con la expresión

$$U^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 \quad (17)$$

La contribución a la incertidumbre del muestreo durante el trabajo se obtiene de la tabla 6 en función del número de muestras  $N$  y de la incertidumbre estándar ( $\mu_1$ ) de las muestras, que se calcula a partir de la expresión:

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \bar{L}_{Aeq,T})^2 \right]} \quad (18)$$

Los valores de  $u_2$  y  $u_3$  se obtienen de las tablas 4 y 5, respectivamente.

**TABLA 6**  
Contribución  $c_1 u_1$  del muestreo durante el trabajo

Incertidumbre estándar de los valores medidos de $L_{Aeq,T,n}$ ( $u_1$ )												
N	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5,	5,5	6
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

### 5.3 Determinación de la incertidumbre asociada a la medición basada en las mediciones de jornada completa

Cuando la estrategia de la medición realizada para hallar el  $L_{Aeq,d}$  del puesto de trabajo se basa en la medición de más de una jornada durante la mayor parte del tiempo, la incertidumbre combinada se determina como en el caso de la división

del trabajo en operaciones, tomando el día completo como una sola operación. Como el tiempo de exposición estimado es un valor fijo y afianzado (por ejemplo, 8 horas) la incertidumbre correspondiente a ese dato ( $u_{1b}$ ) es nula.

**6. EJEMPLOS DE CÁLCULO** (extraídos de documento ISO/TC 43/SC 1 N1649 que revisa la ISO 9612:1997)

#### Ejemplo 1

#### Cálculo del $L_{Aeq,d}$ de un puesto de trabajo basado en mediciones durante las operaciones realizadas

Los soldadores de un taller mecánico realizan las siguientes operaciones en una jornada de trabajo de 8 horas:

- Planificar y preparar el trabajo antes y después del almuerzo.
- Cortar, amolar y soldar piezas de plancha de hierro.

Todos los soldadores hacen el mismo trabajo por lo que se puede considerar un Grupo Homogéneo de Exposición (GHE).

De acuerdo con la información del encargado del taller y de los trabajadores, el tiempo empleado cada día en cortar está entre una y dos horas, y entre cuatro y seis horas en soldar. El resto de la jornada es tiempo de preparación del trabajo y almuerzo.

De esa información se deduce que la distribución de una jornada tipo es la siguiente:

Operación	Duración en horas
Planificación del trabajo y descanso	1,5
Cortar y amolar	1,5
Soldar	5
Total	8

donde se ha tomado como tiempo de las operaciones la media de los tiempos según la información de trabajadores y encargado de taller.

Se comprueba que durante el almuerzo y la planificación de los trabajos el nivel de ruido es bajo ( $L_{Aeq,T,m} < 70$  dB(A)).

Se realizan tres mediciones durante la operación de soldar y otras tres durante el corte y amolado. De la observación y utilización de mediciones prospectivas se decide que el tiempo mínimo de duración de cada medición debería ser de 7 minutos para la operación de corte y amolado y de 4 minutos para la soldadura. De acuerdo con lo que se ha dicho anteriormente, la medición debe durar como mínimo 5 minutos por lo que las mediciones de la operación de soldadura se realizarán con esa duración. Los resultados son los que se muestran:

Operación	$L_{Aeq,T,m1}$	$L_{Aeq,T,m2}$	$L_{Aeq,T,m3}$	Máxima diferencia entre valores
Cortar y amolar	86,5	92,4	89,3	3,1
Soldar	80,1	82,2	79,6	2,6

Los valores obtenidos durante la operación de cortar y amolar difieren entre ellos más de 3 dB por lo que se necesita realizar tres mediciones más.

Operación	$L_{Aeq,T,m1}$	$L_{Aeq,T,m2}$	$L_{Aeq,T,m3}$	$L_{Aeq,T,m4}$	$L_{Aeq,T,m5}$	$L_{Aeq,T,m6}$
Cortar y amolar	86,5	92,4	89,3	93,2	87,8	86,2
Soldar	80,1	82,2	79,6	-	-	-

De acuerdo con la expresión (2):

$$L_{Aeq,T-soldar} = 10 \log \left[ \frac{1}{3} (10^{0,1-80,1} + 10^{0,1-82,2} + 10^{0,1-79,6}) \right] = 80,8 \text{ dB(A)}$$

y

$$L_{Aeq,T-cortar\ y\ amolar} = 10 \log \left[ \frac{1}{6} (10^{0,1-86,5} + 10^{0,1-92,4} + 10^{0,1-89,3} + 10^{0,1-93,2} + 10^{0,1-87,8} + 10^{0,1-86,2}) \right] = 90,1 \text{ dB(A)}$$

La contribución al nivel equivalente diario de cada operación es según la expresión (3):

$$L_{Aeq,d\ planificac.\ y\ alm.} = 70 + 10 \log \left[ \frac{1,5}{8} \right] = 62,7 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,d\ soldar} = 80,8 + 10 \log \left[ \frac{5}{8} \right] = 78,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,d-cortar\ y\ amolar.} = 90,1 + 10 \log \left[ \frac{1,5}{8} \right] = 82,8 \text{ dB(A)}$$

El  $L_{Aeq,d}$  de la jornada se obtiene de la expresión (5):

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[ (10^{0,1-62,7} + 10^{0,1-78,8} + 10^{0,1-82,8}) \right] = 84,3 \text{ dB(A)}$$

Redondeando los decimales al entero más próximo, el nivel equivalente diario de la jornada es  $L_{Aeq,d} = 84 \text{ dB(A)}$ .

### Cálculo de la incertidumbre

La incertidumbre estándar debida al muestreo para las diferentes operaciones se obtiene de la expresión (12):

$$U_{1-a-soldar} = \sqrt{\frac{1}{2 \times 3} \left[ (1,6)^2 + (-0,5)^2 + (-1)^2 \right]} = 0,8 \text{ dB}$$

y de la misma forma

$$u_{1,a-\text{cortar y amolar}} = 1,5 \text{ dB}$$

Por otra parte, se asume que

$$u_{1,a-\text{planificac. y alm.}} = 0 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar de la duración de la operación de acuerdo con la expresión (14):

$$u_{b-\text{soldar}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (1)^2 + (1)^2 \right]} = 1 \text{ hora}$$

y de la misma forma:

$$u_{b-\text{cortar y amolar}} = 0,5 \text{ horas}$$

Se ha utilizado un dosímetro personal por lo que la incertidumbre estándar por el tipo de instrumento es, según la tabla 4:

$$u_{2,m} = 1,0 \text{ dB}$$

$$U^2(L_{Aeq,d}) = 0,28^2 (0,8^2 + 1,0^2 + 1,5^2) + 0,71^2 (1,5^2 + 1^2 + 1,5^2) + (0,24 \cdot 1,0)^2 + (2,1 \cdot 0,5)^2 = 4,2$$

Siendo  $U = 2,1 \text{ dB}$

La conclusión es que los soldadores que trabajan en el taller mecánico sufren una exposición a ruido en la que el valor del nivel equivalente diario más probable es  $L_{Aeq,d} = 84 \text{ dB(A)}$  con un intervalo debido a la incertidumbre entre  $81,9 \text{ dB(A)}$  y  $86,1 \text{ dB(A)}$  (nivel de confianza del 84%).

De acuerdo con el Anexo II del Real Decreto 286/2006 se debería asumir que el puesto de soldador supera el nivel superior de exposición o bien disminuir la incertidumbre (aumentando el número de mediciones y/o aumentando el tiempo de duración de las mismas).

Como el trabajador está expuesto a sonido que proviene directamente de las fuentes de ruido, la incertidumbre debida a la posición del micrófono es, según la tabla 5:

$$u_{3,m} = 1,5 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad, para ambas operaciones, se calculan según la expresión (11):

$$C_{a-\text{soldar}} = \frac{5}{8} 10^{\frac{80,8-84,3}{10}} = 0,28$$

y

$$C_{a-\text{cortar t amolar}} = 0,71$$

Con estos datos la incertidumbre combinada es, según (10):

Nota adicional a la conclusión:

Como se puede deducir del método que el correspondiente documento ISO emplea para calcular la incertidumbre, es sumamente difícil que ésta sea inferior a 1 dB y relativamente frecuente que alcance 2 dB, por lo que, cuando el valor hallado del  $L_{Aeq,d}$  sea inferior pero próximo a un nivel de referencia, se puede optar directamente por asumir su vulneración (de acuerdo con la filosofía implícita en el Anexo II) o bien demostrar mediante el cálculo que la incertidumbre es menor.

## Ejemplo 2

### Cálculo del $L_{Aeq,d}$ de un puesto de trabajo basado en el muestreo durante el trabajo realizado en la jornada

Se trata de una nave en la que funcionan varias líneas de producción automáticas sin diferencias técnicas apreciables entre ellas. Los trabajadores de la planta realizan el control del funcionamiento de las líneas de producción e intervienen en caso de interrupción del funcionamiento de las mismas.

El trabajo supone distintas operaciones como suministro de material, control de funcionamiento, transporte de productos, ajustes, etc. pero no es posible establecer claramente la

separación entre ellas porque las condiciones de ruido son similares y la duración de las mismas durante la jornada no se puede determinar.

Se considera que los trabajadores de la planta, 18 en total, forman un grupo de exposición homogénea (GHE), de acuerdo con la definición hecha anteriormente.

De la tabla 3 se extrae el tiempo total de muestreo necesario para un GHE de 18 de trabajadores, que es de 10,75 horas. Se requiere un mínimo

de 5 muestras de igual duración para la aplicación de este método y se dispone de dos dosímetros personales. Se decide tomar seis muestras de 2 horas.

Los trabajadores se distribuyen en turno de mañana (de 5 a 13 horas) y de tarde (de 13 a 21 horas).

Las muestras se distribuyen de la siguiente forma:

1° día. Durante el turno de mañana dos muestras sobre dos trabajadores diferentes (aproximadamente de 10 a 12).

2° día. Durante el turno de mañana dos muestras sobre dos trabajadores diferentes (aproximadamente de 8 a 10)

2° día. Durante el turno de tarde dos muestras sobre dos trabajadores diferentes (aproximadamente de 14 a 16 y de 18 a 20)

Los resultados son:

$$L_{Aeq,T,n} = 88,1; 86,1; 89,7; 86,5; 91,1; 86,7$$

De acuerdo con (6) el nivel equivalente durante la exposición es:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,n}/10} \right] = 88,4 \text{ dB(A)}$$

Teniendo en cuenta que descansan media hora por turno en una zona sin ruido, tal como se indica en (7):

$$L_{Aeq,d} = 88,4 + 10 \log \left[ \frac{7,30}{8} \right] = 88,1 \text{ dB(A)}$$

El nivel equivalente diario es de 88 dB(A)

### Cálculo de la incertidumbre

Aplicando la expresión (18) la incertidumbre estándar del muestreo es  $u_1=2,0$  dB, por lo que la contribución del muestreo ( $c_1u_1$ ) a la incertidumbre global, obtenido de la tabla 6 es:

$$c_1u_1=1,4 \text{ dB}$$

Ya que se han utilizado dosímetros personales y los trabajadores están expuestos en campo reverberante, se obtiene de las tablas 4 y 5:

$$u_2=1,0 \text{ dB y } u_3=0,9 \text{ dB}$$

Para hallar la incertidumbre combinada se aplica (17):

$$U^2=1,4^2+1,0^2+0,9^2=3,77$$

y  $U=1,94 \text{ dB}$

El valor más probable del nivel equivalente diario de los 18 trabajadores de la planta es de 88 dB(A) con un intervalo de confianza entre 86,1 y 89,9 dB(A).

Con gran probabilidad el  $L_{Aeq,d}$  en el puesto de trabajo es superior a 87 dB(A) por lo que se concluye que se supera el valor superior de exposición y, si se utilizan protectores auditivos, podrá tenerse en cuenta la atenuación (ver apartado 8 de este Apéndice), para la comparación con el valor límite de exposición que en ningún caso debe superarse.

### Ejemplo 3

#### Cálculo del $L_{Aeq,d}$ de un puesto de trabajo basado en mediciones de jornada completa

Se desea hallar el nivel equivalente diario de los trabajadores de una empresa dedicada a la fabricación de cable, que manejan carretillas elevadoras transportando materias primas y productos acabados entre naves de producción, almacén y expediciones. El trabajo varía según las instrucciones del encargado. Los vehículos circulan vacíos, a media carga o llenos por diferentes tipos de pavimento y disponen de alarma acústica de marcha atrás. Los operarios, a veces, dejan los toros para ayudar en la carga y descarga del material.

Hay tres trabajadores que manejan las carretillas elevadoras y trabajan 10 horas al día.

Los tres descansos, que se realizan en lugares apropiados sin ruido, duran en total 45 minutos, por lo que el tiempo efectivo de exposición al ruido es de 9 horas y 15 minutos por jornada. Se puede considerar a los tres trabajadores como grupo homogéneo de exposición.

Dado que el patrón de trabajo es complejo e impredecible es adecuado emplear la estrategia de medición de jornadas completas.



Las mediciones se realizan con dosímetros personales que funcionan durante el turno, que son puestos en "pausa" por el técnico durante los descansos. Como se necesita un tiempo determinado para colocar los dosímetros al principio del turno, quitarlos al final del turno y dar las instrucciones adecuadas a los trabajadores, el periodo de medición es inferior a 9 horas y 15 minutos que dura el trabajo efectivo pero se considera suficiente (más de 8 horas).

Los trabajadores son informados sobre la finalidad del dosímetro y se les pide que

eviten el contacto de cualquier objeto con el micrófono y proferir gritos durante la medición. Al final del turno, al retirar los dosímetros, el técnico interroga a los trabajadores sobre el trabajo realizado y las posibles incidencias que pudieran alterar los resultados.

Se realizan tres mediciones de jornada completa cada una sobre uno de los trabajadores. Al diferir los resultados más de tres decibelios se realizan otras tres. Los resultados son los siguientes:

Trabajador	día	$L_{Aeq,T,n}$
1	1	88,0
2	1	91,9
3	1	87,6
1	2	90,4
2	2	89,0
3	2	88,4

El nivel equivalente asignable a los trabajadores se calcula según (6):

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{L_{Aeq,T,n}/10} \right] = 89,5 \text{ dB(A)}$$

Teniendo en cuenta que el tiempo de exposición diario es de 9,25 horas, el nivel equivalente diario será según (7):

$$L_{Aeq,d} = 89,5 + 10 \log \left[ \frac{9,25}{8} \right] = 90,1 \text{ dB(A)}$$

$$u_{1a} = \sqrt{\frac{1}{6(5)} \left[ 1,2^2 + (-2,7)^2 + 1,6^2 + (-1,2)^2 + 0,2^2 + 0,8^2 \right]} = 0,67 \text{ dB}$$

La incertidumbre debida al instrumento de medición ( $u_2 = 1,0$  dB) y la posición del micrófono ( $u_3 = 0,9$  dB) se extraen de las tablas 4 y 5.

El coeficiente de sensibilidad  $c_{a,m}$  viene dado por la expresión (11):

$$C_{a,m} = \frac{9,25}{8} 10^{\frac{89,5-90,1}{10}} = 1,00$$

Es decir:  $L_{Aeq,d} = 90 \text{ dB(A)}$

#### Cálculo de la incertidumbre

La incertidumbre del resultado se calcula tratando la jornada completa como una única operación mediante la expresión (10).

La incertidumbre debida al muestreo  $u_{1a}$  es, según (12):

Debido a que hay una sola operación el tiempo que dura se conoce con suficiente precisión por lo que se considera nula la incertidumbre debida a la duración de la tarea  $u_{1b,m} = 0$

La incertidumbre combinada es según (10):

$$U = \sqrt{1^2 + (0,67^2 + 1^2 + 0,9^2) + (0,44 \times 0)} = 1,5 \text{ dB}$$

El valor más probable del nivel equivalente diario correspondiente a los operarios de las carretillas elevadoras es  $L_{Aeq,d} = 90$  dB(A).

El intervalo de confianza donde se encuentra el verdadero valor del  $L_{Aeq,d}$  se sitúa entre 88,6 dB(A) y 91,6 dB(A). Se concluye que se supera el

valor superior de exposición y, si se utilizan protectores auditivos, podrá tenerse en cuenta la atenuación (ver apartado 8 de este Apéndice), para la comparación con el valor límite de exposición (87 dB(A)) que en ningún caso debe superarse.

## 7. RUIDO DE IMPULSO O IMPACTO

Se considera que un ruido es de impulso cuando el nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo (su duración es del orden de microsegundos), y los sucesivos impactos están separados entre sí más de un segundo. Aunque el ruido impulsivo pueda ser predominante en un taller de prensas, pueden existir impulsos aislados de nivel apreciable en la mayoría de procesos industriales por lo que se debe tener constancia, por medición, del nivel de pico,  $L_{pico}$ .

Para la medición de los niveles de pico se utilizarán sonómetros, sonómetros integradores o dosímetros durante un tiempo determinado de la exposición que, en la medida en la que sean previsibles, debe incluir los instantes en los que se produzcan impactos. El instrumento de medición debe disponer de la capacidad de medir el nivel de presión máximo (nivel de pico) tal como se indica en el anexo 3 del Real Decreto 286/2006, indicando el valor medido y no sólo la superación de un valor predeterminado del nivel de pico. Al realizar las mediciones se pueden medir varios impulsos y observar la repetitividad de los valores. Si los valores son semejantes o se puede prever la aparición de los más altos, se anotará el valor máximo (normalmente lo indicará el instrumento de medición). Si son claramente diferentes y varían de forma aleatoria, se puede estimar estadísticamente la probabilidad de que se superen los valores de exposición o el valor límite.

De acuerdo con el sistema de valoración que propone la norma ISO 1999:1997, fundamento técnico de la Directiva 2003/10/CE y por lo tanto del real decreto, cuando existan impulsos debe procederse a la medición mediante un sonómetro integrador o dosímetro y obtener el  $L_{Aeq,d}$  (o  $L_{Aeq,s}$ ) con la estrategia adecuada según se ha visto anteriormente, y el valor de pico  $L_{pico}$ , aceptándose que las variaciones de presión que suponen los impulsos computarán en parte en el valor del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A,  $L_{Aeq,T}$  y, por lo tanto, en el del nivel de exposición diario equivalente ponderado A  $L_{Aeq,d}$  (o  $L_{Aeq,s}$ ).

En el caso de la medición del nivel de presión máxima (nivel de pico) se utilizará la escala C (filtro de ponderación de frecuencias C), que corresponde a una escala lineal entre 20 y 20.000 Hz. El empleo de esta escala ha permitido resolver un problema de falta de definición en la determinación del valor de pico debida a que la expresión "pico no ponderado" no especifica el límite inferior del intervalo de frecuencias que se considera, por lo que instrumentos con diferentes límites inferiores de sensibilidad podrían dar valores diferentes para un mismo ruido, si bien es previsible que debido a las características de la escala de ponderación C, los valores obtenidos con ella serán menores que los correspondientes a la escala lineal.

La duración de las mediciones, si no abarca la totalidad de la exposición, la debe decidir el técnico en cada caso, teniendo en cuenta, además de las observaciones realizadas en párrafos anteriores, la cadencia de aparición y la fluctuación del nivel de los impulsos. Cuanto más frecuentes y más parecidos sean, menor debe ser el tiempo necesario para obtener una muestra representativa de ellos. La aleatoriedad en su aparición y la diversidad de valores obligará a realizar mediciones de larga duración, no sólo para determinar con cierta seguridad el valor más alto de presión instantánea ( $L_{pico}$ ) sino también para afianzar el valor de la media ( $L_{Aeq,T}$ ).

## 8. COMPARACIÓN CON LOS VALORES LÍMITE. UTILIZACIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS

De acuerdo con el real decreto, el uso de los protectores auditivos es obligatorio mientras se desarrolle el Programa de medidas técnicas y organizativas que a su vez es preceptivo (Art. 4) cuando la exposición del trabajador excede de los valores superiores de exposición.

Dicho programa no debe concluir hasta que la exposición sea menor que los valores superiores de exposición (en este caso, el valor es ambiental).

El real decreto permite tener en cuenta la atenuación de los protectores auditivos al comparar

los valores de  $L_{Aeq,d}$  y  $L_{pico}$  del puesto de trabajo, con los valores límite. Así pues lo que se compara con los valores límite no son los niveles de ruido ambientales sino los existentes en el oído.

El real decreto, en su Anexo II, indica que se debe tener en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación del protector auditivo, pero la existencia de condicionantes durante el uso del protector auditivo que, en la práctica, pueden reducir la atenuación teóricamente esperable, crea un problema actualmente no resuelto a no ser que se mida el nivel de ruido en el oído mediante instrumentación y metodología específica.

La atenuación que teóricamente ofrece el protector auditivo (información del fabricante) puede verse reducida, entre otros factores, por:

1. El tiempo real de uso respecto al de exposición.
2. La correcta utilización, teniendo en cuenta factores como la colocación, limpieza, adaptación, desgaste, etc.

Para el cálculo de la atenuación teórica de los protectores auditivos se utilizan las metodologías que se indican en el Apéndice 4, donde se muestra el efecto del tiempo de utilización del protector sobre la atenuación real.

La dependencia exponencial de la atenuación efectiva respecto al tiempo de uso del protector hace que se reduzca drásticamente su valor cuando el EPI no se utiliza durante el tiempo total de la exposición (ver la tabla 9 del Apéndice 4).

La obtención de ese dato se lleva a cabo restando la atenuación del protector del nivel de ruido medido:

$$L_{Aeq,d}(\text{supuesto en el oído}) = L_{Aeq,d} - A \quad \text{dB(A)}$$

$$L_{pico}(\text{supuesto en el oído}) = L_{pico} - A \quad \text{dB(A)}$$

O bien, teniendo en cuenta la incertidumbre combinada ( $u$ ) asociada al valor medido:

$$L_{Aeq,d}(\text{supuesto en el oído}) = L_{Aeq,d} + U - A \quad \text{dB(A)}$$

$$L_{pico}(\text{supuesto en el oído}) = L_{pico} + U - A \quad \text{dB(A)}$$

Donde  $L_{Aeq,d}$  (supuesto en el oído) o  $L_{pico}$  (supuesto en el oído) es el valor a comparar con el valor límite y  $A$  es la atenuación calculada a partir de datos del fabricante (ver Apéndice 4).

Para disponer de un valor aproximado de la verdadera protección que ofrecen tapones u oreje-

ras, se recomienda reducir con un determinado factor la atenuación obtenida a través de datos del laboratorio. Así por ejemplo, en Estados Unidos, la OSHA (Occupational Safety & Health Administration), y en Canadá el Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, recomiendan aplicar un coeficiente reductor de 50 %. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health, EEUU) recomienda restar al valor calculado de atenuación, el 25% si se trata de orejeras, el 50% si se trata de tapones moldeables y el 70% en otros tapones. Ambos criterios son aplicables al valor NRR (Noise Reduction Rate), un indicador de la atenuación indicado por el fabricante, parecido al europeo SNR.

En Gran Bretaña, el HSE (Health and Safety Executive) recomienda reducir la atenuación del protector en 4 dB por factores limitadores que aparecen en la práctica. Esta reducción es aplicable sea cual sea el método de cálculo empleado para obtener la atenuación pero no cuando se trata de ruido de impacto. El cálculo del nivel supuesto en el oído, teniendo en cuenta la reducción empleada, es el siguiente:

$$L_{Aeq,d}(\text{supuesto en el oído}) = L_{Aeq,d} + U - A + 4 \quad \text{dB(A)}$$

Tanto el tiempo de utilización del protector como los factores mencionados en 2, están condicionados por la motivación del trabajador al respecto por lo que es conveniente organizar un sistema para la implantación del uso de los protectores auditivos que incluya:

- la información necesaria para los trabajadores que deban utilizar los protectores auditivos (incluyendo los riesgos de los que protegen y su magnitud, así como de las consecuencias del uso inadecuado o incompleto);
- el entrenamiento en la utilización;
- la comprobación periódica, por parte de la empresa, de la utilización efectiva por los trabajadores, de los protectores auditivos.

Este tipo de control es necesario para reducir el riesgo de sobreexposiciones al utilizar protectores auditivos cuya atenuación real haya sido inadvertidamente sobrevalorada y cumplir con lo dispuesto en el artículo 7.2.

Dicho riesgo, que es relativamente pequeño cuando los niveles de ruido en el puesto de trabajo son solo ligeramente superiores a los valores límite (por ejemplo, cuando sólo se precisa  $A \leq 5$  dB), cobra importancia cuando los niveles de

ruido son muy elevados (p.e.  $L_{Aeq,d} \geq 100$  dB(A), donde la atenuación que, en el uso real procura el protector auditivo, puede resultar insuficiente.

Respecto a la utilización conjunta de dos protectores auditivos (orejeras + tapones), debe tenerse en cuenta que la atenuación global no es la suma de las individuales sino de 5 a 10 dB más que la individual, como demuestra un estudio específico encargado en Francia por el INRS (l'Institut National de Recherche et de Sécurité).

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ISO 9612:1997 Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment. (Norma en revisión).
- SO/TC 43/SC 1 N1649 ISO/CD 9612. Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment. (documento provisional de revisión de ISO 9612:1997).
- BIMP, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML. Guide to the expression of uncertainty in measurement, International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, (1993).
- NORDTEST METHOD NT Accou 114 y 115 (2005). Measurements of occupational noise exposure of workers.
- AFNOR. NF S31-084 Octobre 2002 Acoustique - Méthode de mesurage des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail.
- Grzebyk, Michel; Thiéry, Léon. "Confidence Intervals for the Mean of Sound Exposure Levels". Am. Ind. Hyg. Assoc. J., **64**, 640-645 (2003).
- Thiéry, Léon. Relationships between noise sampling design and uncertainties in occupational noise exposure measurement. Noise Control Eng. J., **55**, 5-11 (2007).

## APÉNDICE 6

## EXPOSICIÓN COMBINADA A RUIDO Y A AGENTES OTOTÓXICOS

La exposición a ruido en el puesto de trabajo, pese a ser la principal causa de daño auditivo de origen laboral, no es la única. En concreto, la exposición a determinadas sustancias químicas, denominadas "ototóxicas", puede fragilizar el oído interno produciendo una mayor susceptibilidad del trabajador al ruido ambiental. Así pues, una exposición al ruido a la que se le suma la exposición a ototóxicos (fármacos, agentes químicos) debe suponer una mayor atención y un replanteo de las medidas preventivas, independientemente del nivel de exposición real (tanto a ruido como a agentes químicos) ya que los límites de exposición profesional no tienen en cuenta ni la mayor susceptibilidad ni los efectos de una co-exposición.

## 1. SUSTANCIAS OTOTÓXICAS

La ototoxicidad de una sustancia puede manifestarse como pérdida de audición o como daño

vestibular evidenciado por vértigo, ataxia o alteraciones del equilibrio. El origen de la exposición a sustancias ototóxicas puede ser tanto de origen laboral (por ejemplo, exposición a determinados disolventes) como extralaboral (por ejemplo, tratamiento con fármacos con propiedades ototóxicas) y su acción puede provocar daños permanentes o temporales sobre la cóclea, dando lugar a una fragilización del oído interno, o a nivel retrococlear, actuando de forma sinérgica o potenciando los efectos del ruido. En las siguientes tablas se ofrece, a modo orientativo, un listado no exhaustivo de los agentes que han sido relacionados de forma plausible con el desarrollo de ototoxicidad en distintos estudios científicos y su lugar de acción. La primera (tabla 1) corresponde a agentes que pueden encontrarse en el ámbito industrial y la segunda (tabla 2) a diversos fármacos, alguno de los cuales no están comercializados en nuestro país.

**TABLA 1**  
Agentes ototóxicos con posible presencia en entornos industriales

Familia de compuestos	Agente	Afección sobre
Disolventes orgánicos	Tolueno Xileno Estireno Tricloroetileno	Córtex y cóclea
		Nervio auditivo
Metales	Mercurio Manganeso Plomo Arsénico	Nervio auditivo
Gases	Monóxido de carbono Cianuro de hidrógeno	Nervio auditivo
Sales	Cianuros	Córtex

**TABLA 2**  
**Fármacos con efectos ototóxicos\***

Familia	Fármaco	Afección sobre
Antibióticos aminoglucósidos	Estreptomina Dihidroestreptomina Capreomicina Framicetina Neomicina Gentamicina Tobramicina Amikacina Netilmicina Espectinomicina Kanamicina Paromomicina	Cóclea y vestibulo  En algunos casos, nervio auditivo
Antibióticos macrólidos y afines	Eritromicina Azitromicina Claritromicina Clindamicina Lincomicina	Cóclea
Antibióticos glucopeptídicos	Vancomicina Teicoplanina	Nervio auditivo y vestíbulo
Otros antibióticos	Minociclina Clorafenicol Cefalexina Teicoplanina...	Coclear y/o vestibular
Diuréticos	Furosemida Bumetanida Piretanida Torasemida	Cóclea
Salicilatos	Ácido acetil salicílico Otros salicilatos	Cóclea
Antimaláricos	Quinina Cloroquina Hidroxicloroquina y Primaquina Pirimetamina	Coclear y/o vestibular
Citostáticos	Bleomicina Cisplatino Vincristina Misonidazol Carboplatino Ciclofosfamida Ifosfamida Metotrexato Dactinomicina Droloxifeno	Coclear y/o vestibular
Bloqueadores Beta -	Propranolol Practolol	Coclear
Adrenérgicos		
Otros	Desferroxiamina Dextropropoxifeno Nortriptilina Imipramina Qunidina	Coclear y/o vestibular

\* Elaboración propia a partir de assfe 2004, Morata 2003 y Campo 2004.



No es infrecuente la coexistencia de ruido y de agentes ototóxicos de la tabla 1 en el ámbito laboral, siendo ejemplos de ello actividades como:

- Talleres de mecanización
- Imprentas
- Pintura
- Automoción
- Fabricación de pinturas y otros productos químicos
- Fabricación de barcos - astilleros
- Fabricación de muebles
- Fabricación de plásticos
- Construcción
- Manufacturados del petróleo
- Mantenimiento de aviones
- etc.

## 2. MECANISMOS DE OTOXICIDAD

La exposición a ciertos agentes químicos puede dar lugar a alteraciones del oído interno expresándose como toxicidad coclear (tinnitus, pérdida de audición) o vestibular (náuseas, vértigo, ataxia y vómitos) o del nervio auditivo. Estos efectos pueden ser de carácter permanente o temporal.

A diferencia del daño producido por el ruido que lesiona mecánicamente las células ciliadas tanto externas como internas, los agentes ototóxicos actúan sobre las células ciliares externas preservando las internas.

Por ejemplo, en el caso de los aminoglucósidos la ototoxicidad depende de la concentración del fármaco en la endolinfa. Se han descrito dos tipos de toxicidad:

- La toxicidad aguda: en la que se produce una alteración de los potenciales de acción cocleares, por inhibición de la captación de calcio por parte de las células ciliadas.
- La toxicidad crónica: irreversible porque existe degradación celular que afecta a las células sensoriales auditivas del órgano de Corti y de las vestibulares de la cresta de los canales semicirculares y de la mácula de utrículo y sáculo.

## 3. MEDIDAS PREVENTIVAS

La prevención de los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el trabajo está sujeta al cumplimiento del Real Decreto 374/2001, norma que, por lo tanto, es aplicable cuando existen sustancias ototóxicas en el trabajo.

Por otra parte, el presente real decreto de prevención de los riesgos derivados de la exposición

al ruido cita específicamente en su artículo 4, sobre evaluación de los riesgos, que deberá considerarse la interacción entre el ruido y las sustancias ototóxicas relacionadas con el trabajo, así como la interacción entre el ruido y las vibraciones.

Ello implica que las medidas preventivas a aplicar consideren en todo momento las disposiciones de ambas normas legales.

## 4. VIGILANCIA DE LA SALUD

En el caso de la exposición combinada a ruido y agentes ototóxicos sería conveniente proceder al control audiométrico independientemente del nivel de exposición, estableciendo una mayor frecuencia en la realización en función del nivel y características de la exposición a los agentes químicos así como plantearse el uso de alguna exploración complementaria añadida.

En el caso de tratamientos con fármacos ototóxicos, el médico debería calibrar la necesidad de evitar la exposición por un periodo de tiempo determinado (durante el periodo de tratamiento y el tiempo de permanencia del fármaco en el organismo), disminuir el tiempo de exposición o aconsejar el uso de protectores auditivos.

La prueba de referencia para valorar las alteraciones en la capacidad auditiva de los trabajadores es la audiometría tonal liminar por vía aérea. En esta prueba se determina el umbral auditivo del trabajador para frecuencias comprendidas entre 500 y 8000Hz. Distintos factores pueden influir en la validez de una audiometría y para ello las condiciones de realización deben ajustarse al mínimo exigido en la normativa vigente. Para una información más detallada sobre el particular se remite al lector a las diferentes notas técnicas de prevención accesibles en <http://www.mtas.es/insht/ntp/index.htm> y que sobre el tema ha publicado el INSHT.

En el caso de exposición combinada a ototóxicos, la audiometría no permite diferenciar si la lesión se ha producido por el ruido, los ototóxicos o por la acción de ambos.

Dependiendo de las características de la exposición y de los objetivos marcados en el programa de prevención de riesgos, el servicio de prevención podría plantearse la necesidad de incluir otras pruebas complementarias que le permitieran ajustar el diagnóstico o mejorar la detección precoz o la filiación de la lesión auditiva. Las otoemisiones acústicas y las audiometrías de altas frecuencias son dos ejemplos de las pruebas que han sido descritas y estudiadas para tal fin.

### Otoemisiones acústicas

En las personas con un oído medio y una cóclea normal, las ondas sonoras producen una vibración en el órgano de Corti que a su vez genera unas descargas electrofisiológicas por parte de las células ciliadas externas llamadas "otoemisiones acústicas" (OEA). Estas descargas recorren el camino inverso al del sonido, es decir, van del oído interno hacia el exterior. La presencia o ausencia de las mismas facilita el diagnóstico de la lesión auditiva así como su tratamiento y rehabilitación. La importancia del estudio de las mismas estaría ligado a las siguientes consideraciones:

- El análisis de las OEA es rápido, objetivo y no depende del sujeto explorado.
- La exposición a ruido da lugar a una alteración de las células ciliadas externas y, por ende, a una alteración de las OEA.
- La alteración de las OEA es anterior a la aparición de las lesiones en la audiometría.
- Ante una audiometría alterada, la presencia de las OEA apunta hacia una lesión retrococlear o a una simulación por parte del trabajador explorado.
- La ausencia de las OEA puede ser signo de lesión auditiva de origen congénito, alteración de la función del oído medio o lesión de las células ciliares externas.

Las OEA pueden ser grabadas usando un micrófono de alta sensibilidad colocado en el conducto auditivo externo. Las OEA son generalmente clasificadas como espontáneas (OEAE) y provocadas (OEAP). A nivel clínico son de utilidad las OEAP y en especial el producto de distorsión.

En resumen, las OEA son sonidos que se registran en el conducto auditivo externo, se originan en la cóclea y representan el movimiento de las células ciliadas externas. Su estudio no debe considerarse como alternativa a la audiometría sino como complemento de la misma. En salud laboral, sus aplicaciones serían: a) Diferencia entre patología coclear y retrococlear. b) Identificación de pequeños cambios que no aparecen en la audiometría. c) Detección de pérdidas inducidas por ruido antes de que aparezcan en la audiometría tonal. d) Vigilancia de la audición durante trata-

mientos con medicamentos potencialmente ototóxicos. Y e) Detección de simuladores.

### Audiometría de altas frecuencias

En la audiometría de altas frecuencias se estudian las frecuencias entre 8.000 y 20.000 Hz. Su utilidad radica en la detección precoz de lesiones auditivas inducidas por ototóxicos o por otras condiciones antes de que aparezcan en la audiometría convencional. Puede servir también para hacer el diagnóstico diferencial entre la presbiacusia y las lesiones auditivas inducidas por ruido de larga evolución. En éstas se puede ver una recuperación en las frecuencias 10.000, 12.000 o 14.000 Hz, cosa que no sucede en la presbiacusia.

## 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Cuando la evaluación de riesgos de un puesto de trabajo con exposición simultánea a ototóxicos y a ruido determine que es necesario utilizar protectores auditivos, éstos se elegirán teniendo en cuenta las siguientes consideraciones, sin perjuicio de las recomendaciones generales sobre EPI contenidas en los comentarios al artículo 7 de la presente Guía:

- Los EPI auditivos serán compatibles con la exposición a las sustancias químicas presentes para evitar su deterioro precoz y, en consecuencia, la posible reducción de su eficacia
- Se reforzarán las normas de higiene personal, evitando tocar los EPI con las manos

### BIBLIOGRAFÍA

- Wagner, J.A; Snowman, A.M; Olivera, BM; Snyder, S.H. Aminoglycoside effects on voltage-sensitive calcium channels and neurotoxicity. *N Eng J Med* 1987;317:1669
- Seligmann, H; Podoshin, L; Ben David, J; Fradis, M; Goldsher, M. Drug-induced tinnitus and other hearing disorders. *Drug Safety* 1996;14:198-212.
- Norris, CH. Drugs affecting the inner ear. *Drugs* 1988; 36:754-72.

## IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

### LEGISLACIÓN RELACIONADA

#### Legislación española

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10 de noviembre.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE núm. 298, de 13 de diciembre.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido ambiental. BOE núm. 276, de 18 de noviembre.
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. BOE núm. 263, de 2 de noviembre.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE núm. 311, de 28 de diciembre.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. BOE núm. 297, de 11 de diciembre.
- Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas. BOE núm. 33, de 8 de febrero.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE núm. 27, de 31 de enero.
- Real Decreto 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE núm. 97, de 23 de abril.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97, de 23 de abril.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140, de 12 de junio.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE núm. 188, de 7 de agosto.
- Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre (BOE núm. 52 de 1 de marzo). Modificado por Real Decreto 524/2006 de 28 de abril. BOE núm. 106, de 4 de mayo.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE núm. 127, de 29 de mayo.
- Real Decreto 889/2006, de 21 de julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida. BOE núm. 183, de 2 de agosto.
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre. BOE núm. 106, de 4 de mayo.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. BOE núm. 302, de 19 de diciembre.

- Orden de 16 de diciembre de 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a la realización de mediciones reglamentarias de niveles de sonido audible. BOE núm. 311, de 29 de diciembre.
- Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos. BOE núm. 237, de 3 de octubre.

### Legislación europea

- Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 junio de 1998 relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. DOCE L 207 de 23.7.1998.
- Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre. DOCE L 162 de 3.7.2000.
- Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones). DO L 177 de 6.7.2002.
- Directiva 2003/10/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). DO L 42 de 15.2.2003.
- Directiva 2006/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición). DO L 157 de 9.6.2006.

## NORMAS TÉCNICAS

### Normas UNE-EN y UNE-EN ISO

- UNE-EN 61310-1:1996. Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles. AENOR, Madrid, España, 1996.
- UNE-EN 60651:1996. Sonómetros. AENOR, Madrid, España, 1996. Sustituida por UNE-EN 61672.
- UNE-EN 60804:1996. Sonómetros. Integradores-promediadores. AENOR, Madrid, España, 1996 (anulada). Sustituida por UNE-EN 61672.
- UNE-EN 981:1997. Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales. AENOR, Madrid, España, 1997.
- UNE-EN 60804:2002. Sonómetros. Integradores-promediadores. AENOR, Madrid, España, 2002. Sustituida por UNE-EN 61672.
- UNE-EN 61252/A1:2003. Electroacústica. Especificaciones para medidores personales de exposición sonora. AENOR, Madrid, España, 2003.
- UNE-EN 458:2005. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento. Documento guía. AENOR, Madrid, España, 2005.
- UNE-EN 60942:2005. Electroacústica. Calibradores acústicos. AENOR, Madrid, España, 2005.
- UNE-EN 61672-1:2005. Electroacústica. Sonómetros. Parte1: Especificaciones. AENOR, Madrid, España, 2005.
- UNE-EN 61672-2:2005. Electroacústica. Sonómetros. Parte 2: Ensayos de evaluación de modelo. AENOR, Madrid, España, 2005.

- UNE-EN 61672-3. Electroacústica. Sonómetros. Parte 3: Ensayos periódicos.
- UNE-EN ISO 7731:2006. Ergonomía. Señales de peligro para lugares públicos y lugares de trabajo. Señales acústicas de peligro (ISO 7731:2003).

### Normas ISO

- ISO 1999:1990. Acoustics. Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.
- ISO 9612:1997 Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment. (norma en revisión).

### Normas IEC o CEI

- IEC 60651:2001. Sound level meters. IEC, Genève, Switzerland, 2001.
- IEC 60804:2000. Integrating-averaging sound level meters. IEC, Genève, Switzerland, 2000.
- IEC 61672 (Partes 1-3). Electroacoustics. Sound level meters. Specifications. IEC, Genève, Switzerland, 1985.
- IEC 804:1985. Integrating-averaging sound level meters. IEC, Genève, Switzerland, 1985.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO. Prevention of risks from occupational noise in practice: European week for safety and health at work 2005. *European Agency for Safety and Health at Work, Bilbao, 2005.*
- AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO. Reducing the risks from occupational noise. *Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work, 2005.*
- BARRON, R. F. Industrial noise control and acoustics. *New York: Marcel Dekker, Inc., 2003.*
- BERGER, E. H. ET AL. The noise manual. 5th ed. rev. *Fairfax, VA: AIHA, 2003.*
- BUTLER, M.P. Non-auditory effects of noise at work: a critical review of the literature post 1988. *Norwich: Health and Safety Executive, 1999.*
- FRANKS, JOHN R. Alternative Field Methods for Measuring Hearing Protector Performance *AIHA Journal 64:501-509 (2003)*
- GOELZER B., HANSEN C., COLIN H., SEHRNDT G., GUSTAV A. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control. *Dortmund: Federal Institute for occupational Safety and Health, 2001.*
- HONEY, S. Health and safety executive. The costs and benefits of the noise at work regulations: 1989. Gran Bretaña. *Norwich: HMSO, 1997.*
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Comisión de salud pública. Protocolos de vigilancia sanitaria específica: ruido. *Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 2000.*
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. Occupational noise exposure: revised criteria 1998. *Cincinnati, Ohio: NIOSH, 1998.*
- NORDIC INNOVATION CENTRE. Nordtest method. NT Accou 115. Measurement of Occupational Noise Exposure of Workers: Part II: Engineering Method
- ORGANIZACIÓN MARITIMA INTERNACIONAL (OMI). Niveles de ruido a bordo de los buques: código sobre niveles de ruido a bordo de los buques y recomendación sobre métodos para medir niveles de ruido en los puestos de escucha de los buques. Organización Marítima Internacional. Londres: OMI, 1982.

- ROYSTER, L. H., ROYSTER, J.D. The noise-vibration problem-solution workbook. *Fairfax, VA: AIHA, 2002.*
- SCHNEIDER, E., PAOLI, P., BRUN, E. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. Noise in Figures. *Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work, 2005.*
- SMEATHAM, D. Noise levels and noise exposure of workers in pubs and clubs: a review of the literature. *Sudbury, Suffolk: HSE, 2002.*

#### **Notas Técnicas de Prevención:**

- MORENO, N., MARQUÉS, F. ET AL. Ruido: vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos. Notas Técnicas de Prevención. NTP-193.
- DOMINGO, P. Videoterminals: evaluación ambiental. Notas Técnicas de Prevención. NTP-196.
- GAYNÉS, E., GOÑI, A. Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico. Notas Técnicas de Prevención. NTP-287.
- HERNÁNDEZ, A. Confort acústico: el ruido en oficinas. Notas Técnicas de Prevención. NTP-503.
- LUNA, P., GUASCH, J. Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos. Notas Técnicas de Prevención. NTP-638.

#### **ENLACES DE INTERÉS**

NIOSH: Noise and Hearing Loss Prevention  
<http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/>

HSE: Noise  
<http://www.hse.gov.uk/noise/index.htm>

ISTAS: Recursos sindicales del ISTAS. Traducción al castellano de un texto del HSE británico que ofrece soluciones para el control del ruido en 100 ejemplos prácticos.  
<http://www.istas.net/sl/rs/rso2003.htm>

OSHA: Páginas dedicadas al ruido  
<http://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/index.html>  
<http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/index.html>

INRS: Cahiers  
<http://www.inrs.fr/>

NORDIC INNOVATION CENTRE  
[www.nordicinnovation.net/](http://www.nordicinnovation.net/)



Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía  
puede dirigirse al

**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Tfn. 91 363 41 00 Fax 91 363 43 27

<http://www.mtin.es/insht>



GT118



9 788474 257564

NIFO: 792-08-017-4  
ISBN: 978-84-7425-756-4  
D.L. M-285681-2008



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO