

47

Directora del capítulo  
*Alice H. Suter*

**Sumario**

Naturaleza y efectos del ruido  
*Alice H. Suter* . . . . . 47.2

Medición del ruido y evaluación de la exposición  
*Eduard I. Denisov y German A. Suvorov* . . . . . 47.6

Técnicas de control del ruido  
*Dennis P. Driscoll* . . . . . 47.8

Programas de conservación de la audición  
*Larry H. Royster y Julia Doswell Royster* . . . . . 47.12

Normas y reglamentaciones  
*Alice H. Suter* . . . . . 47.16

## ● NATURALEZA Y EFECTOS DEL RUIDO

Alice H. Suter

### La omnipresencia del ruido en el trabajo

El ruido es uno de los peligros laborales más comunes. En Estados Unidos, por ejemplo, más de 9 millones de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles de ruido medios de 85 decibelios ponderados A (en adelante, dBA). Estos niveles de ruido son potencialmente peligrosos para su audición y pueden producir además otros efectos perjudiciales. Existen aproximadamente 5,2 millones de trabajadores expuestos a niveles de ruido aún mayores en entornos de fabricación y empresas de agua, gas y electricidad, lo cual representa alrededor del 35 % del número total de personas que trabajan en el sector de fabricación en Estados Unidos.

Los niveles de ruido peligrosos se identifican fácilmente y en la gran mayoría de los casos es técnicamente viable controlar el exceso de ruido aplicando tecnología comercial, remodelando el equipo o proceso o transformando las máquinas ruidosas. Pero con demasiada frecuencia, no se hace nada. Hay varias razones para ello. En primer lugar, aunque muchas soluciones de control del ruido son notablemente económicas, otras son muy caras, en particular cuando hay que conseguir reducciones a niveles de 85 u 80 dBA.

Una razón muy importante de la ausencia de programas de conservación de la audición y de control del ruido es que, lamentablemente, el ruido suele aceptarse como un "mal necesario", una parte del negocio, un aspecto inevitable del trabajo industrial. El ruido peligroso no derrama sangre, no rompe huesos, no da mal aspecto a los tejidos y, si los trabajadores pueden aguantar los primeros días o semanas de exposición, suelen tener la sensación de "haberse acostumbrado" al ruido. Sin embargo, lo más probable es que hayan comenzado a sufrir

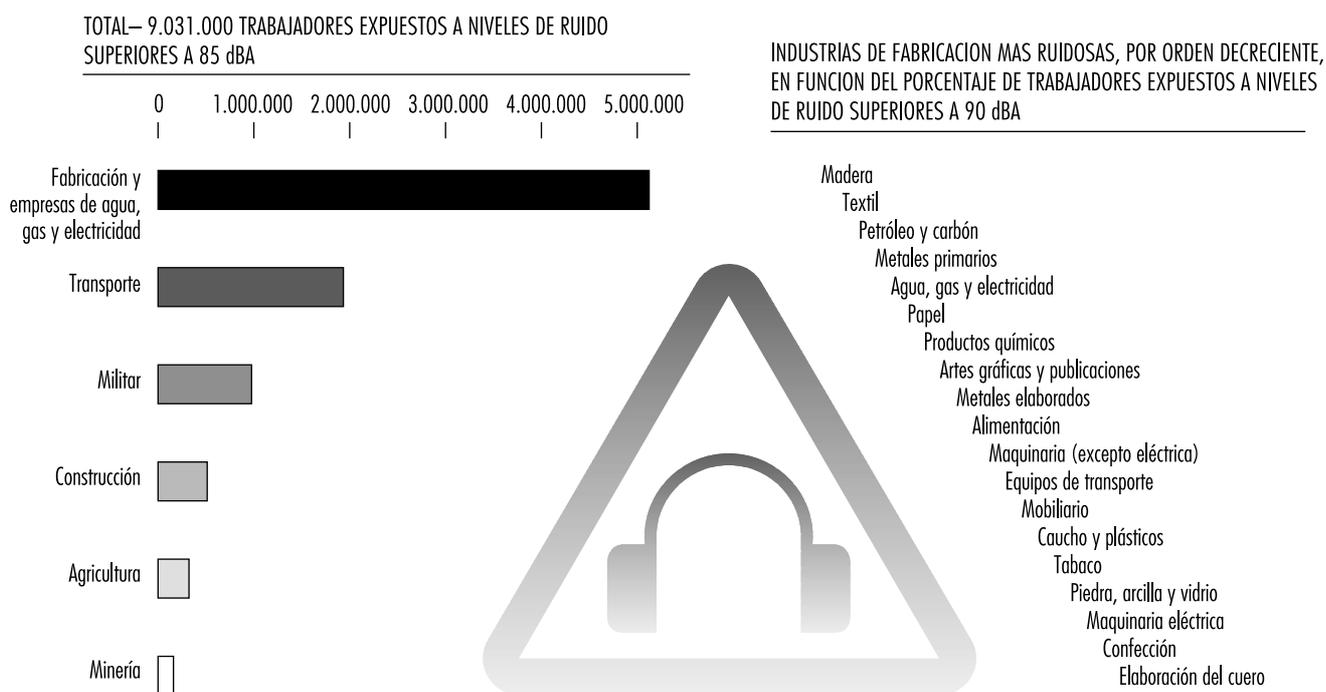
una pérdida temporal de la audición, que disminuye su sensibilidad auditiva durante la jornada laboral y que a menudo persiste durante la noche. Esa pérdida auditiva avanza luego de manera insidiosa, ya que aumenta gradualmente a lo largo de meses y años, y pasa en gran medida inadvertida hasta alcanzar proporciones discapacitantes.

Otra razón importante de la falta de reconocimiento de los peligros del ruido es que el deterioro auditivo resultante implica un estigma. Como Raymond Héту ha demostrado tan claramente en su artículo sobre rehabilitación de la pérdida auditiva inducida por ruido en esta misma *Enciclopedia*, la opinión que suele tenerse de las personas que sufren deterioros auditivos es que están avejentadas y son mentalmente lentas e incompetentes en términos generales, y quienes corren el riesgo de sufrir este tipo de deterioro son reacios a reconocer ni su deficiencia ni el riesgo por miedo a ser estigmatizados. Esto es muy de lamentar, porque la pérdida auditiva inducida por ruido llega a ser permanente y, sumada a la que se produce a consecuencia de la edad, puede dar lugar a cuadros de depresión y aislamiento en personas de mediana edad y mayores. Las medidas preventivas deben tomarse antes de que comience la pérdida auditiva.

### Alcance de la exposición al ruido

Como ya se ha mencionado, el ruido es especialmente imperante en las industrias de fabricación. El Departamento de Trabajo de Estados Unidos ha calculado que el 19,3 % de las personas que trabajan en entornos de fabricación y empresas de agua, gas y electricidad se ven expuestas diariamente a niveles medios de ruido de 90 dBA o más, el 34,4 % a niveles superiores a 85 dBA, y el 53,1 % a niveles superiores a 80 dBA. Estas estimaciones deben ser bastante típicas del porcentaje de trabajadores expuestos a niveles peligrosos de ruido en otras naciones. Es probable que los niveles sean algo mayores en los países menos desarrollados, donde no se utilizan tanto los controles técnicos, y

Figura 47.1 • Exposición al ruido en el trabajo: la experiencia de Estados Unidos.



algo inferiores en países con programas de control del ruido más rigurosos, como los países escandinavos y Alemania.

Muchos trabajadores de todo el mundo experimentan exposiciones muy peligrosas, muy por encima de los 85 o 90 dBA. Por ejemplo, el Departamento de Trabajo de Estados Unidos ha calculado que, sólo en las industrias de fabricación, casi medio millón de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles medios de ruido de 100 dBA o más, y más de 800.000 a niveles de entre 95 y 100 dBA.

En la Figura 47.1 se enumeran las industrias de fabricación más ruidosas de Estados Unidos por orden decreciente, de acuerdo con el porcentaje de trabajadores expuestos a más de 90 dBA, y se indican estimaciones de exposición por sectores industriales.

### Necesidades de investigación

En los artículos siguientes del presente capítulo se intenta dejar claro que los efectos de la mayoría de los tipos de ruido sobre la audición son perfectamente conocidos. Hace ya unos 30 años que se elaboraron criterios relativos a los efectos del ruido continuo, variable e intermitente, que en lo esencial permanecen inalterados. En cambio, la situación no es la misma para el ruido de impulso. Para una misma energía sonora y a niveles relativamente bajos, el ruido de impulso parece no ser más perjudicial —y quizá lo sea menos— que el ruido continuo. Pero a niveles altos parece ser más perjudicial, sobre todo si se sobrepasa un nivel crítico (o, dicho más propiamente, una exposición crítica). Es necesario continuar investigando para definir con más exactitud la forma de la curva de daño/riesgo.

Otro punto que es necesario aclarar es el referente al efecto perjudicial del ruido, tanto para la audición como para la salud en general, combinado con otros agentes. Aunque los efectos combinados del ruido y de los fármacos ototóxicos se conocen bastante bien, crece la preocupación por la combinación del ruido con los productos químicos industriales. Los disolventes y otros agentes parecen aumentar su carácter neurotóxico cuando la exposición a ellos se combina con altos niveles de ruido.

Los trabajadores expuestos al ruido en el sector de fabricación y en las fuerzas armadas reciben en todo el mundo la mayor atención. En cambio, son muchos los trabajadores de la minería, la construcción, la agricultura y el transporte que están también expuestos a niveles peligrosos de ruido, como se señala en la Figura 47.1. Hay que evaluar las necesidades singulares asociadas a estos puestos de trabajo y que extender a ellas las medidas de control del ruido y otros aspectos de los programas de conservación de la audición. Por desgracia, facilitando estos programas a los trabajadores expuestos al ruido no se garantiza la prevención de la pérdida auditiva ni de sus otros efectos perjudiciales. Aunque existen métodos normalizados de evaluación de la eficacia de dichos programas, pueden ser muy complicados y no se utilizan mucho. Es preciso elaborar métodos de evaluación sencillos al alcance de empresas grandes o pequeñas, o que dispongan de recursos mínimos.

Como ya se ha mencionado, aunque existe la tecnología necesaria para eliminar la mayoría de los problemas de ruido, se observan grandes lagunas en su aplicación. Es necesario desarrollar métodos para suministrar información sobre cualesquiera soluciones de control del ruido a todos los que la necesiten. Es preciso informatizar los datos sobre control del ruido y ponerlos a disposición no sólo de los usuarios de los países en desarrollo, sino también de las naciones industrializadas.

### Tendencias futuras

En algunos países se tiende a poner más énfasis en la exposición al ruido de carácter no laboral y en la parte de responsabilidad que incumbe a éste en la pérdida auditiva. Entre las actividades y

fuentes de ruido de este tipo se incluyen la caza, el tiro al blanco, los juguetes ruidosos y la música a alto volumen. Este enfoque es beneficioso por cuanto que destaca algunas causas de deterioro auditivo potencialmente importantes, pero de hecho puede ser perjudicial si desvía la atención de los problemas graves de ruido en el trabajo.

Entre los países de la Unión Europea se evidencia una tendencia muy acentuada a la normalización de la cuestión del ruido. Este proceso incluye la elaboración de normas relativas a las emisiones de ruido de productos y a la exposición al ruido.

El proceso de elaboración de normas no es, en cambio, rápido en Norteamérica, sobre todo en Estados Unidos, donde el trabajo normativo está paralizado y existe la posibilidad de ir a la desregulación. Los esfuerzos por regular el ruido de nuevos productos se abandonaron en 1982, año en que se cerró la Oficina del Ruido de la Agencia de Protección Ambiental, y puede que las normas en materia de ruido no sobrevivan al clima desregulador actualmente existente en el Congreso.

Los países en desarrollo parecen encontrarse en vías de adoptar y revisar normas en materia de ruido. Estas normas tienden al conservadurismo, ya que apuntan a un límite de exposición permisible de 85 dBA, y un factor de acumulación (relación de interdependencia tiempo/intensidad) de 3 dB. Queda abierta la cuestión de hasta qué punto se aplicarán estas normas, sobre todo en economías incipientes.

Algunos países en desarrollo tienden a concentrarse en el control del ruido por métodos técnicos, en lugar de abordar las complejidades de las pruebas audiométricas, los protectores auditivos, la formación y el mantenimiento de registros. Este enfoque parece muy sensato siempre que sea factible. En ocasiones habrá que complementarlo con la utilización de protectores auditivos para reducir la exposición a niveles seguros.

### Los efectos del ruido\*

La pérdida de la capacidad auditiva es el efecto perjudicial del ruido más conocido y probablemente el más grave, pero no el único. Otros efectos nocivos son los acufenos (sensación de zumbido en los oídos), la interferencia en la comunicación hablada y en la percepción de las señales de alarma, las alteraciones del rendimiento laboral, las molestias y los efectos extra-auditivos. En la mayoría de las circunstancias, la protección de la audición de los trabajadores debe servir de protección contra la mayoría de estos otros efectos. Esta consideración debería alentar a las empresas a implantar programas adecuados de control del ruido y de conservación de la audición.

### Deterioro auditivo

El deterioro auditivo inducido por ruido es muy común, pero a menudo se subestima porque no provoca efectos visibles ni, en la mayoría de los casos, dolor alguno. Sólo se produce una pérdida de comunicación gradual y progresiva con familiares y amigos y una pérdida de sensibilidad a los sonidos del entorno, como el canto de los pájaros o la música. Por desgracia, la capacidad de oír correctamente suele darse por supuesta hasta que se pierde.

Estas pérdidas pueden ser tan graduales que pasan inadvertidas hasta que el deterioro resulta discapacitante. La primera señal suele ser que los demás parecen no hablar tan claramente como solían. La persona afectada tiene que pedir a los demás que le repitan y a menudo observa cómo éstos se molestan por su aparente falta de consideración. Con frecuencia tiene que

\* Parte de la información de este apartado es una adaptación de Suter, AH, "Noise and the conservation of hearing", capítulo 2 del Hearing Conservation Manual (3ª ed.), Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation, Milwaukee, Wisconsin, EE.UU. (1993).

decir a su familia y amigos cosas como: "No me grites. Te oigo, pero es que no entiendo lo que dices."

A medida que aumenta la pérdida auditiva, el afectado comienza a retraerse de las relaciones sociales. Los actos religiosos, las reuniones cívicas, las reuniones sociales o los espectáculos comienzan a perder su atractivo y la persona prefiere quedarse en casa. El volumen de la televisión se convierte en motivo de conflicto y, a veces, obliga a otros miembros de la familia a salir de la habitación.

Con el tiempo, la presbiacusia, o pérdida de capacidad auditiva que acompaña de manera natural al proceso de envejecimiento, se suma a la deficiencia auditiva. Finalmente, la situación puede llegar a tal punto que el afectado sólo se comunique con sus familiares o amigos con grandes dificultades, y es entonces cuando se encuentra realmente aislado. Un audífono puede ayudar en algunos casos, pero nunca se restaura la claridad de la audición natural del mismo modo que se consigue en el caso de la visión con el uso de gafas graduadas.

#### Deterioro auditivo de origen laboral

El deterioro auditivo inducido por ruido suele considerarse enfermedad laboral, no lesión, porque su progresión es gradual. Es muy raro que se produzca una pérdida auditiva inmediata y permanente por efecto de un incidente ensordecedor, como una explosión, o un proceso muy ruidoso, como el remachado en acero. En tales casos, se entiende que se trata de una lesión y se habla de "traumatismo acústico". Lo habitual, como ya se ha señalado, es que se produzca una lenta disminución de la capacidad auditiva a lo largo de muchos años. El grado de deterioro dependerá del nivel del ruido, de la duración de la exposición y de la sensibilidad del trabajador en cuestión. Lamentablemente, no existe tratamiento médico para el deterioro auditivo de carácter laboral; sólo existe la prevención.

Los efectos del ruido sobre la audición están bien documentados y no hay mucho lugar a la controversia en lo que respecta al nivel de ruido continuado que provoca diversos grados de pérdida auditiva (ISO 1990). Es también indiscutible que el ruido intermitente produce pérdida auditiva. No obstante, los períodos de ruido que son interrumpidos por períodos de silencio pueden ofrecer al oído interno una oportunidad de recuperarse de una pérdida auditiva temporal y, por consiguiente, son algo menos peligrosos que el ruido continuado. Tal situación, es aplicable principalmente a los trabajos que se desarrollan en exteriores, pero no a ambientes interiores como las fábricas, donde son raros los necesarios intervalos de silencio (Suter 1993).

El ruido de impulso, como el producido por las armas de fuego o la estampación de metal, también perjudica la audición. Existen incluso pruebas de que entraña más peligro que otros tipos de ruido (Dunn y cols. 1991; Thiery y Meyer-Bisch 1988), aunque no siempre es así. El grado de daño dependerá principalmente del nivel y la duración del impulso, y puede empeorar si existe un ruido continuado de fondo. También hay pruebas de que las fuentes de ruido de impulso de alta frecuencia son más perjudiciales que las de baja frecuencia (Hamernik, Ahroon y Hsueh 1991; Price 1983).

La pérdida auditiva provocada por ruido suele ser, al principio, temporal. En el curso de una jornada ruidosa, el oído se fatiga y el trabajador experimenta una reducción de su capacidad auditiva conocida como *desviación temporal del umbral* (Temporary Threshold Shift, TTS). Entre el final de un turno de trabajo y el principio del siguiente, el oído suele recuperarse de gran parte de esta TTS, pero a menudo parte de la pérdida persiste. Tras días, meses y años de exposición, la TTS da lugar a efectos permanentes y comienzan a acumularse nuevas

carencias por TTS sobre las pérdidas ya permanentes. Un buen programa de pruebas audiométricas permitirá identificar estas pérdidas auditivas temporales y proponer medidas preventivas antes de que se conviertan en permanentes.

Existen pruebas experimentales de que varios agentes industriales son tóxicos para el sistema nervioso y producen pérdidas auditivas en animales de laboratorio, especialmente si se presentan en combinación con ruido (Fechter 1989). Entre estos agentes cabe citar a) metales pesados peligrosos, como los compuestos de plomo y trimetilina; b) disolventes orgánicos, como el tolueno, el sileno y el disulfuro de carbono, y c) un asfixiante, el monóxido de carbono. Las investigaciones realizadas recientemente con trabajadores industriales (Morata 1989; Morata y cols. 1991) sugieren que algunas de estas sustancias (el disulfuro de carbono y el tolueno) pueden incrementar el potencial nocivo del ruido. También existen pruebas de que ciertos fármacos que ya son tóxicos para el oído pueden incrementar los efectos perjudiciales del ruido (Boettcher y cols. 1987). Cabe citar ciertos antibióticos y agentes quimioterápicos. Los responsables de los programas de conservación de la capacidad auditiva deben saber que los trabajadores expuestos a los productos químicos o fármacos mencionados pueden ser más sensibles a las pérdidas auditivas, tanto más si ya están expuestos a ruido.

#### Deterioro auditivo de origen no laboral

Es importante comprender que el ruido en el trabajo no es la única causa de pérdida auditiva inducida por ruido entre los trabajadores. Hay también fuentes de ruido extralaborales que producen lo que a veces se llama "socioacusia" y cuyos efectos sobre la audición son imposibles de diferenciar de aquellos otros. Tan sólo cabe establecer suposiciones, planteando preguntas detalladas acerca de las actividades recreativas y otras actividades ruidosas desarrolladas por el trabajador. Como ejemplos de fuentes socioacústicas cabría citar las herramientas para el trabajo de la madera, las sierras de cadena, las motocicletas sin silenciador, la música a gran volumen y las armas de fuego. Disparar frecuentemente con armas de gran calibre (sin protección auditiva) puede contribuir de manera significativa a la pérdida auditiva inducida por ruido, mientras que cazar ocasionalmente con armas de menor calibre tiene menos probabilidades de causar daños.

La exposición a ruidos no laborales y la socioacusia resultante tienen importancia porque esta pérdida auditiva se suma a la que puede sufrirse por la exposición a fuentes de ruido de carácter laboral. En beneficio de la salud auditiva general de los trabajadores, sería conveniente aconsejarles que lleven protectores auditivos adecuados si desarrollan actividades recreativas ruidosas.

#### Acufenos

Los acufenos son un proceso que acompaña frecuentemente a las pérdidas auditivas temporales o permanentes inducidas por ruido, así como a otros tipos de pérdidas auditivas sensitivo-neuronales. A menudo descrito como "sensación de zumbido en los oídos", puede ser suave en algunos casos y severo en otros. Algunas personas dicen sentir más molestias por este zumbido que por el deterioro auditivo.

Es probable que las personas que sufren de acufenos noten éstos más en un ambiente silencioso, por ejemplo al intentar dormir por la noche o al sentarse en una cabina insonorizada para someterse a una prueba audiométrica. Es una señal de que se han irritado las células sensoriales del oído interno. Suele preceder a una pérdida auditiva inducida por ruido y, por consiguiente, es una importante señal de aviso.

**La interferencia con la comunicación y la seguridad**

Es indudable que el ruido puede entorpecer o "enmascarar" la comunicación hablada y las señales de alarma. Ciertamente, muchos procesos industriales pueden llevarse a cabo sin problemas con un mínimo de comunicación entre los trabajadores. Sin embargo, otros trabajos, como los realizados por pilotos de compañías aéreas, ingenieros ferroviarios, comandantes de carros blindados y muchos otros, dependen en gran medida de la comunicación hablada. Algunas de estas personas utilizan sistemas electrónicos que suprimen el ruido y amplifican la voz. Hoy en día, existen avanzados sistemas de comunicaciones, algunos de ellos con dispositivos que anulan las señales acústicas no deseadas, para facilitar la comunicación.

En muchos casos, los trabajadores no pueden hacer nada más que arreglárselas, esforzándose por comprender y comunicarse por encima del ruido, con gritos o señales. A veces, desarrollan afonías o incluso padecen nódulos u otras anomalías en las cuerdas vocales por forzar la voz en exceso. Es posible que requieran por ello atención médica.

La experiencia demuestra que con niveles de ruido superiores a 80 dBA es preciso hablar muy alto y por encima de 85 dBA hay que gritar. Con niveles muy superiores a 95 dBA, hay que acercarse al interlocutor para poder comunicarse. Los especialistas en acústica han desarrollado métodos para predecir el grado de comunicación que puede darse en situaciones industriales. Las predicciones resultantes dependen de las características acústicas tanto del ruido como del habla (u otra señal que se desee), así como de la distancia entre los interlocutores.

Es bien sabido que el ruido puede entorpecer la seguridad, pero este problema sólo ha sido documentado por un número muy limitado de estudios (p. ej., Moll van Charante y Mulder 1990; Wilkins y Acton 1982). Sin embargo, se han recibido numerosos informes que muestran que la ropa y las manos de los trabajadores han quedado atrapadas en máquinas y éstos han sufrido graves lesiones mientras sus compañeros de trabajo eran ajenos a sus gritos de auxilio. Para evitar los fallos de comunicación en ambientes ruidosos, algunas empresas han instalado dispositivos visuales de aviso.

Otro problema, más reconocido por los propios trabajadores expuestos al ruido que por los profesionales de la conservación de la audición y de la salud en el trabajo, es que los protectores auditivos entorpecen a veces la percepción de las palabras y de las señales de alarma, sobre todo cuando ya se padece una pérdida auditiva y los niveles de ruido son inferiores a 90 dBA (Suter 1992). En estos casos, es muy legítimo que los trabajadores se preocupen por llevar estos protectores. Es importante prestar atención a sus inquietudes e implantar controles técnicos del ruido o mejorar el tipo de protección que se ofrece, como los protectores incorporados en un sistema electrónico de comunicación. Además, ya existen protectores auditivos con una respuesta en frecuencia más plana, de más "alta fidelidad", que pueden mejorar la capacidad para comprender las palabras y las señales de aviso.

**Efectos sobre el rendimiento laboral**

Los efectos del ruido sobre el rendimiento laboral se han estudiado tanto en laboratorio como en condiciones reales de trabajo. Los resultados han demostrado que el ruido suele tener escasos efectos sobre el rendimiento de trabajos repetitivos y monótonos e incluso lo mejora en algunos casos si es de nivel bajo o moderado. En cambio, los niveles de ruido altos pueden degradar el rendimiento laboral, sobre todo si la tarea es complicada o requiere hacer varias cosas a la vez. El ruido intermitente tiende a ser más perjudicial que el ruido continuo, sobre todo cuando los períodos de ruido son impredecibles e incontrolables. Algunas investigaciones indican que en los ambientes ruidosos es menos

probable que las personas se ayuden unas a otras y más probable que presenten comportamientos antisociales. (Ver estudio detallado de los efectos del ruido sobre el rendimiento laboral en Suter 1992.)

**Molestias**

Aunque el término "molestias" suele relacionarse más con los problemas de ruido de carácter comunitario, como los que se plantean en aeropuertos o pistas de carreras automovilísticas, también los trabajadores industriales pueden sentirse molestos o irritados por el ruido de su lugar de trabajo. Estas molestias pueden estar relacionadas con el entorpecimiento de la comunicación hablada y del rendimiento laboral anteriormente descrito, pero también deberse a una auténtica aversión al ruido. A veces, esta aversión es tan fuerte que impulsa a algunos trabajadores a buscar empleo en otra parte, si bien no siempre se presenta esa oportunidad. Después de un período de adaptación, la mayoría de ellos no parecerán sentirse tan molestos, pero posiblemente sigan quejándose de fatiga, irritabilidad e insomnio. (Esa adaptación será mucho mejor si se equipa a los trabajadores jóvenes con protectores adecuados desde el principio, antes de que sufran pérdida auditiva alguna.) Es interesante observar que este tipo de información sale a veces a la superficie *después* de que una empresa inicia un programa de control del ruido y de conservación de la audición, una vez que los trabajadores se dan cuenta del contraste entre las condiciones previas y la mejora posterior.

**Efectos extraauditivos**

Como factor de estrés biológico, el ruido puede afectar a todo el sistema fisiológico. Actúa de la misma manera que otros factores de estrés, haciendo que el cuerpo responda de un modo que puede ser perjudicial a largo plazo. En los tiempos primitivos, cuando llegaba el momento de afrontar un peligro, el cuerpo pasaba por una serie de cambios biológicos, preparándose para pelear o salir corriendo (la clásica respuesta de "luchar o escapar"). Existen pruebas de que estos cambios aún persisten con la exposición a un nivel de ruido alto, aunque la persona se crea "adaptada" al ruido.

La mayoría de estos efectos parecen transitorios, pero con la exposición continuada algunos han demostrado ser crónicos en animales de laboratorio. Varios estudios de trabajadores industriales apuntan en la misma dirección, mientras que otros estudios no muestran efectos significativos (Rehm 1983; van Dijk 1990). Las pruebas son probablemente más claras en el caso de los efectos cardiovasculares, como el aumento de la presión arterial o los cambios en la química sanguínea. Una importante serie de estudios de laboratorio demostró la existencia de niveles crónicos de hipertensión arterial en animales a consecuencia de la exposición a un nivel de ruido de 85 a 90 dBA, que no volvieron a la normalidad al cesar la exposición (Peterson y cols. 1978, 1981 y 1983).

Los estudios de química sanguínea muestran aumentos de los niveles de las catecolaminas adrenalina y noradrenalina debidos a la exposición al ruido (Rehm 1983) y en una serie de experimentos realizados por investigadores alemanes se halló una conexión entre la exposición al ruido y el metabolismo del magnesio en seres humanos y animales (Ising y Kruppa 1993). El razonamiento actual sostiene que es muy probable que la aversión al ruido sirva de mediación psicológica para los efectos extraauditivos del ruido, por lo que resulta muy difícil obtener relaciones de respuesta a dosis. (Ver una descripción completa de este problema en Ising y Kruppa 1993.)

Como los efectos extraauditivos del ruido tienen la mediación del sistema auditivo, lo que significa que es necesario oír el ruido para que se produzcan efectos perjudiciales, un protector auditivo correctamente colocado debe reducir la probabilidad de

que se produzcan estos efectos del mismo modo que lo hace con la pérdida auditiva.

## ● MEDICION DEL RUIDO Y EVALUACION DE LA EXPOSICION

*Eduard I. Denisov y German A. Suvorov*

Para prevenir los efectos perjudiciales del ruido para los trabajadores, es preciso elegir con cuidado instrumentos, métodos de medición y procedimientos que permitan evaluar el ruido al que se ven expuestos aquéllos. Es importante evaluar correctamente los diferentes tipos de ruido (continuo, intermitente o de impulso), distinguir los ambientes ruidosos con diferentes espectros de frecuencias, y considerar asimismo las diversas situaciones laborales, tales como talleres de forja, salas de compresores de aire, procesos de soldadura por ultrasonidos, etc. Los principales objetivos de la medición del ruido en ambientes laborales son *a)* identificar a los trabajadores sometidos a exposiciones excesivas y cuantificar éstas y *b)* valorar la necesidad de implantar controles técnicos del ruido y demás tipos de control indicados. Otras aplicaciones de la medición del ruido son la evaluación de la eficacia de determinados controles del ruido y la determinación de los niveles de ruido de fondo en las cabinas audiométricas.

### Instrumentos de medida

Entre los instrumentos de medida del ruido cabe citar los sonómetros, los dosímetros y los equipos auxiliares. El instrumento básico es el sonómetro, un instrumento electrónico que consta de un micrófono, un amplificador, varios filtros, un circuito de elevación al cuadrado, un promediador exponencial y un medidor calibrado en decibelios (dB). Los sonómetros se clasifican por su precisión, desde el más preciso (tipo 0) hasta el más impreciso (tipo 3). El tipo 0 suele utilizarse en laboratorios, el

tipo 1 se emplea para realizar otras mediciones de precisión del nivel sonoro, el tipo 2 es el medidor de uso general, y el tipo 3, el medidor de inspección, no está recomendado para uso industrial. Las Figuras 47.2 y 47.3 ilustran un sonómetro.

Los sonómetros también incluyen dispositivos de ponderación de frecuencias, que son filtros que permiten el paso de la mayoría de las frecuencias pero que discriminan otras. El filtro más utilizado es la red de ponderación A, desarrollada para simular la curva de respuesta del oído humano a niveles de escucha moderados. Los sonómetros ofrecen asimismo diversas respuestas de medición: la respuesta "lenta", con una constante de tiempo de 1 segundo; la respuesta "rápida" con una constante de tiempo de 0,125 segundos; y la respuesta "impulsivo" que tiene una respuesta de 35 ms para la parte creciente de la señal y una constante de tiempo de 1.500 ms para la parte decreciente de la señal.

Pueden encontrarse especificaciones de sonómetros en normas nacionales e internacionales, como la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y el American National Standards Institute (ANSI). Las publicaciones de la CEI 651 (1979) y 804 (1985) se refieren a sonómetros de los tipos 0, 1 y 2, con ponderación de frecuencias A, B y C, y constantes de tiempo de respuesta "lenta", "rápida" e "impulsivo". La norma ANSI S1.4-1983, con su enmienda ANSI S1.4A-1985, también contiene especificaciones de sonómetros.

Para facilitar un análisis acústico más detallado, en los sonómetros modernos es posible conectar o incluir filtros de banda octava y de tercio de banda octava. Los sonómetros actuales son cada vez más pequeños y fáciles de manejar, al tiempo que aumentan sus posibilidades de medición.

Para medir exposiciones a ruido variable, como las que se producen en ambientes de ruido intermitente o de impulso, es más conveniente utilizar un sonómetro integrado. Estos equipos pueden medir simultáneamente los niveles de ruido equivalente, pico y máximo, y calcular, registrar y almacenar varios valores

Figura 47.2 • Sonómetro: control de calibración.  
Cortesía de Larson Davis.



Figura 47.3 • Sonómetro con guardaviento.  
Cortesía de Larson Davis.



automáticamente. El medidor de dosis de ruido o “dosímetro” es una modalidad de sonómetro integrado que puede llevarse en el bolsillo de la camisa o sujeto a la ropa del trabajador. Sus datos pueden informatizarse e imprimirse.

Es importante asegurarse de que los instrumentos de medida del ruido estén siempre correctamente calibrados. Para ello hay que comprobar su calibración acústica antes y después de cada uso, además de realizar calibraciones electrónicas a intervalos apropiados.

### Métodos de medida

Los métodos de medida del ruido dependen de los objetivos perseguidos. De hecho, pueden valorarse:

- el riesgo de deterioro auditivo;
- los tipos de controles técnicos apropiados y su necesidad;
- la compatibilidad de la “carga de ruido” con el tipo de trabajo a realizar,
- el nivel de ruido de fondo necesario para no perjudicar la comunicación ni la seguridad.

La norma internacional ISO 2204 especifica tres tipos de métodos de medida de ruido: *a)* el método de control, *b)* el método de ingeniería y *c)* el método de precisión.

#### El método de control

Este es el método que menos tiempo y equipo necesita. Se miden los niveles de ruido de una zona de trabajo con un sonómetro, utilizando un número limitado de puntos de medida. Aunque no se realiza un análisis detallado del ambiente acústico, es preciso observar los factores temporales, como por ejemplo si el ruido es constante o intermitente y cuánto tiempo están expuestos los trabajadores. Suele utilizarse la red de ponderación A, pero si existe un componente predominante de baja frecuencia puede ser apropiado utilizar la red de ponderación C o la respuesta lineal.

#### El método de ingeniería

Con este método, las mediciones del nivel sonoro con factor de ponderación A o las que utilizan otras redes de ponderación se complementan con mediciones que utilizan filtros de banda de octava o de tercio de banda octava. El número de puntos de medición y las gamas de frecuencias se deciden en función de los objetivos de medición. También es preciso registrar factores temporales. Este método es útil para evaluar la interferencia con la comunicación hablada calculando los niveles de interferencia conversacional (Speech Interference Levels, SIL), así como para implantar programas de control técnico del ruido y realizar estimaciones de los efectos auditivos y no auditivos del ruido.

#### El método de precisión

Este método es necesario en situaciones complejas, en las que se requiere la descripción más minuciosa del problema de ruido. Las mediciones globales del nivel sonoro se complementan con mediciones en banda de octava o de tercio de octava y se registran historiales de intervalos de tiempo apropiados en función de la duración y las fluctuaciones del ruido. Por ejemplo, puede ser necesario medir los niveles pico de los impulsos utilizando el dispositivo de “captación de pico” del instrumento, o medir niveles de infrasonidos o ultrasonidos, lo que requiere capacidades de medición de frecuencias especiales, la directividad del micrófono, etc.

Quienes utilicen el método de precisión deben asegurarse de que el margen dinámico del instrumento es suficiente para evitar sobrecargas al medir impulsos y de que la respuesta en frecuencia es suficientemente amplia si se van a medir infrasonidos o ultrasonidos. El instrumento debe ser capaz de medir

frecuencias de hasta 2 Hz en infrasonidos y de hasta 16 kHz como mínimo en ultrasonidos, con micrófonos que sean suficientemente pequeños.

Si la persona encargada de realizar las mediciones de ruido es inexperta, puede serle de utilidad dar los siguientes pasos de “sentido común”:

1. Escuchar las principales características del ruido que se vaya a medir (características temporales, como por ejemplo si es constante, intermitente o impulsivo; características de frecuencia, como las del ruido de banda ancha, tonos predominantes, infrasonidos, ultrasonidos, etc.). Hay que anotar las características más destacadas.
2. Elegir los instrumentos más adecuados (tipo de sonómetro, dosímetro, filtros, registrador de cinta, etc.).
3. Comprobar la calibración y el funcionamiento del instrumento (baterías, datos de calibrado, correcciones del micrófono, etc.).
4. Anotar o realizar un esquema (si se utiliza un sistema) de los instrumentos, indicando el modelo y el número de serie.
5. Realizar un esquema del entorno de ruido que se vaya a medir, indicando las principales fuentes de ruido y las dimensiones y características importantes del recinto o ambiente exterior.
6. Medir el ruido y anotar el nivel medido para cada red de ponderación o para cada banda de frecuencias. Anotar también la respuesta del medidor (“lenta”, “rápida”, “impulsivo”, etc.), y la incertidumbre del medidor (p. ej., más o menos 2 dB).

Si las mediciones se realizan al aire libre, deberán anotarse si se consideran importantes los datos meteorológicos pertinentes, como el viento, la temperatura y la humedad. En las mediciones al aire libre, e incluso en algunas mediciones en recintos cerrados, deberá utilizarse siempre un guardaviento. Han de seguirse siempre las instrucciones del fabricante para evitar la influencia de factores tales como el viento, la humedad, el polvo y los campos eléctricos y magnéticos, que pueden afectar a las mediciones.

#### Procedimientos de medición

Existen dos criterios básicos de la medición del ruido en el trabajo:

- Puede medirse la *exposición* de cada trabajador, de un trabajador tipo o de un trabajador representativo. El dosímetro de ruido es el instrumento preferible a estos efectos.
- Pueden medirse *niveles* de ruido en varias áreas, creándose un mapa de ruido para la determinación de áreas de riesgo. En este caso, se utilizaría un sonómetro para tomar mediciones en puntos regulares de una red de coordenadas.

#### Evaluación de la exposición del trabajador

Para evaluar el riesgo de pérdida auditiva debido a la exposición a ruidos específicos, el lector deberá consultar la norma internacional ISO 1999 (1990). Esta norma contiene un ejemplo de esta evaluación de riesgos en su anexo D.

La exposición al ruido debe medirse cerca del oído del trabajador y, para evaluar el riesgo derivado de la exposición del trabajador, *no* han de realizarse restas que tengan en cuenta la atenuación proporcionada por los protectores auditivos. Si se adopta esta cautela es porque existen sólidas pruebas de que la atenuación proporcionada por los protectores auditivos, tal como se llevan en el trabajo, suele ser inferior a la mitad de la calculada por el fabricante. De hecho, los datos del fabricante se obtienen en condiciones de laboratorio y estos dispositivos no se suelen colocar ni llevar de modo tan eficaz en la práctica. Por el

momento, no existe ninguna norma internacional que realice una estimación de la atenuación que ofrecen los protectores auditivos tal como se llevan en la práctica, pero una buena norma empírica sería dividir los valores de laboratorio por la mitad.

En algunas circunstancias, sobre todo en tareas difíciles o trabajos que exigen concentración, puede ser importante minimizar los efectos del estrés o la fatiga relacionados con la exposición al ruido, adoptando medidas de control del ruido. Esta regla puede ser aplicable incluso con niveles de ruido moderados (por debajo de 85 dBA), cuando haya poco riesgo de deterioro auditivo pero el ruido sea molesto o agobiante. En estos casos, es útil realizar evaluaciones de sonoridad aplicando la norma ISO 532 (1975), "Método de cálculo del nivel de sonoridad".

Puede realizarse una estimación de la interferencia con comunicación hablada de acuerdo con la norma ISO 2204 (1979), aplicando el "índice de articulación", o más sencillamente, midiendo los niveles de ruido de las bandas de octava de 500, 1.000 y 2.000 Hz, para obtener el "nivel de interferencia conversacional".

### **Criterios de exposición**

La elección de los criterios de exposición al ruido dependerá del objetivo a conseguir; por ejemplo, la prevención de la pérdida auditiva o la prevención del estrés y la fatiga. La exposición máxima permisible, en términos de niveles medios de ruido diario, pueden variar, según el país, de 80 a 85 ó 90 dBA, con factores de acumulación de 3, 4 o 5 dBA. En algunos países, como Rusia, los niveles de ruido permisibles se establecen entre 50 y 80 dBA, en función del tipo de trabajo realizado y teniendo en cuenta la carga de trabajo física y mental. Por ejemplo, los niveles admisibles para trabajar con ordenadores o para realizar trabajos administrativos exigentes van de 50 a 60 dBA. (Para más información sobre criterios de exposición, ver el artículo "Normas y reglamentaciones" en este mismo capítulo.)

## ● **TECNICAS DE CONTROL DEL RUIDO**

*Dennis P. Driscoll*

Idealmente, el medio más eficaz de control del ruido es evitar desde el principio que la fuente de ruido entre en la fábrica, implantando un programa eficaz de "adquisición de productos sin ruido" para introducir en el lugar de trabajo bienes de equipo diseñados para producir un bajo nivel de ruido. Para llevar a cabo un programa de este tipo, es preciso elaborar unas normas claras y bien redactadas que limiten las características de emisión de ruido de los nuevos equipos, instalaciones y procesos de fabricación. Un buen programa también incluye la vigilancia y el mantenimiento.

Una vez instalados los equipos e identificado el exceso de ruido por mediciones del nivel sonoro, el problema del control del ruido presenta matices más complejos. Sin embargo, existen soluciones técnicas que pueden aplicarse a los equipos existentes. Además, suele haber más de una opción de control del ruido para cada problema. Por consiguiente, para el responsable del programa de control es importante determinar los medios de reducción del ruido más viables y económicos en cada situación concreta.

### **El control del ruido en el diseño de fábricas y productos**

El uso de normas escritas para definir los requisitos de los bienes de equipo, su instalación y aceptación es una práctica normal en la actualidad. Una de las principales oportunidades que tiene el

proyectista de fábrica en materia de control del ruido es influir en la elección, compra y distribución en la planta de nuevos equipos. Si se redacta y administra correctamente, la implantación de un programa de "adquisición de productos sin ruido" puede resultar ser un medio eficaz de control del ruido.

El enfoque más proactivo del control del ruido en la fase de diseño de las instalaciones y la compra de bienes de equipo es el existente en Europa. En 1985, los doce Estados miembros de la Comunidad Europea (CE) —actualmente Unión Europea (UE)— promulgaron una serie de directivas "de nuevo enfoque" que contemplan una amplia gama de bienes de equipo o maquinaria, en lugar de establecer normas individuales para cada tipo de equipo. A finales de 1994 se habían publicado tres directivas de "nuevo enfoque" en las que se especifican requisitos sobre el ruido. Son las siguientes:

1. 89/392/CEE, modificada por 91/368/CEE y 93/44/CEE
2. 89/106/CEE, y
3. 89/686/CEE, modificada por 93/95/CEE.

La primera de ellas (89/392/CEE) se conoce comúnmente como "Directiva sobre máquinas". Obliga a los fabricantes de bienes de equipo a incluir el control del ruido como parte esencial de la seguridad de las máquinas. Lo que se pretende en esencia es exigir que, para que un equipo o máquina pueda venderse dentro de la UE, ha de cumplir los requisitos esenciales relativos al ruido. En consecuencia, desde finales del decenio de 1980, los fabricantes interesados en vender en la UE han dado gran importancia al diseño de equipos con bajo nivel de ruido.

El grado de éxito que puedan conseguir las empresas no europeas que intenten implantar un programa voluntario de "adquisición de productos sin ruido" dependerá en gran medida de la oportunidad y el compromiso de la dirección. El primer paso del programa es establecer criterios de ruido aceptables para la construcción de una nueva fábrica, la ampliación de las instalaciones existentes y la compra de nuevos equipos. Para que el programa sea eficaz, tanto el comprador como el vendedor deben considerar los límites de ruido especificados como un requisito absoluto. Si un producto no cumple otros parámetros de diseño, como el tamaño, el caudal, la presión, el aumento de temperatura admisible, etc., la dirección de la empresa lo considera inaceptable. Este mismo compromiso debe asumirse en relación con los niveles de ruido para que un programa de este tipo tenga éxito.

Por lo que se refiere al elemento de oportunidad ya mencionado, cuanto antes se tengan en cuenta los aspectos relativos al ruido en el proceso de diseño de un proyecto o en la compra de un equipo, mayores serán las probabilidades de éxito. En muchas situaciones, el proyectista de fábrica o el comprador pueden elegir entre varios tipos de equipos. El conocimiento de sus respectivas características de ruido le permitirá especificar los más silenciosos.

Además de la elección de los bienes de equipo, es esencial participar desde el principio en la distribución de éstos en la planta de fábrica. Reubicar equipos sobre el papel durante la fase de diseño de un proyecto es evidentemente mucho más fácil que moverlos después físicamente, sobre todo una vez que están en funcionamiento. Una norma sencilla que debe cumplirse es mantener juntas las máquinas, los procesos y las áreas de trabajo que tengan un nivel de ruido aproximadamente igual; y separar las áreas más ruidosas de las más silenciosas por medio de zonas de interposición que tengan niveles de ruido intermedios.

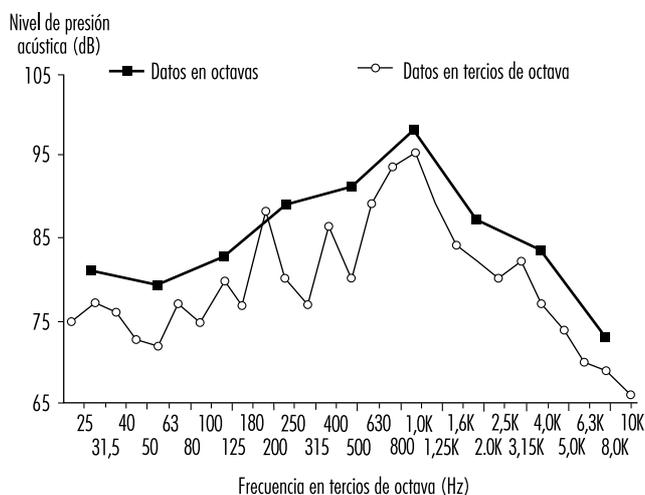
La validación de los criterios de ruido como requisito absoluto exige un esfuerzo de cooperación entre el personal de departamentos de la empresa tales como ingeniería, jurídico, compras, higiene industrial y medio ambiente. Por ejemplo, los departamentos de higiene industrial, seguridad y/o personal pueden

determinar los niveles aconsejables de ruido de los equipos, así como realizar estudios de control de ruido para calificar los equipos. Después, los ingenieros de la empresa pueden redactar la especificación de compra y elegir equipos silenciosos. El personal de compras probablemente administrará el contrato y contará con la ayuda de los representantes de la asesoría jurídica para hacerlo cumplir. Todas las partes deben comenzar a implicarse en el momento de la concepción del proyecto y continuar con las solicitudes de financiación, planificación, diseño, oferta, instalación y puesta en servicio.

Ni el documento de especificaciones más minucioso y conciso tiene gran valor si el proveedor o fabricante no asume la responsabilidad de su cumplimiento. Es preciso utilizar un lenguaje contractual claro para definir los medios de determinar el cumplimiento. Deben consultarse y cumplirse los procedimientos de la empresa concebidos para imponer garantías. Puede ser aconsejable incluir cláusulas de penalización por incumplimiento. Lo más importante de la estrategia de aplicación del contrato es que el comprador se comprometa a asegurarse del cumplimiento de los requisitos. La transigencia en los criterios de ruido a cambio de concesiones de coste, plazos de entrega, rendimiento o de otro tipo debe ser la excepción y no la norma.

En Estados Unidos, el ANSI ha publicado la norma ANSI S12.16, titulada "Directrices para la especificación del ruido en maquinaria nueva" (*Guidelines for the Specification of Noise of New Machinery*, 1992). Se trata de una guía útil para redactar una especificación interna de una empresa en materia de ruido. Además, contiene directrices para obtener datos de nivel sonoro de los fabricantes de los equipos. Una vez obtenidos estos datos, pueden ser utilizados por los proyectistas para planificar la distribución en planta de los equipos. Debido a los diversos tipos de equipos y herramientas distintos para los que se ha preparado esta norma, no existe un único protocolo de inspección apropiado para la medida del nivel sonoro. En consecuencia, esta norma contiene información de referencia sobre el procedimiento apropiado de medición de ruido para ensayar diversos equipos estacionarios. Estos procedimientos de control han sido preparados por la asociación o la organización profesional pertinente y responsable en Estados Unidos para un determinado tipo o clase de bienes de equipo.

Figura 47.4 • Comparación entre datos de octavas y tercios de octava.



Todos los datos en banda de octava están trazados en la frecuencia central de la banda.

## Conversión de los equipos existentes

Antes de decidir lo que es preciso hacer, hay que identificar la causa origen del ruido. Para ello, es útil comprender cómo se genera éste. El ruido es creado en su mayor parte por impactos mecánicos, por la circulación de aire a gran velocidad, por la circulación de líquidos a gran velocidad, por las superficies vibratorias de una máquina y, con bastante frecuencia, por el producto que se fabrica. Esto último es lo que suele ocurrir en industrias de fabricación y transformación como la metálica, la fabricación de vidrio, la elaboración de alimentos, la minería, etc., en las que la interacción entre el producto y las máquinas produce la energía que crea el ruido.

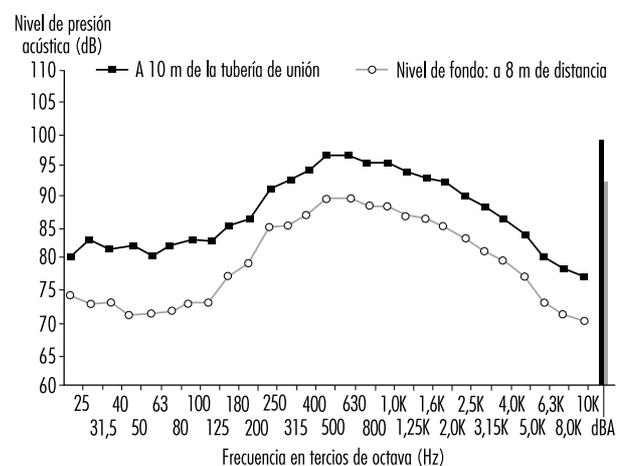
### Identificación de la fuente de ruido

Uno de los aspectos más difíciles del control del ruido es la identificación de la fuente. En un ambiente industrial típico suele haber varias máquinas en funcionamiento al mismo tiempo, con lo cual resulta difícil identificar la causa origen del ruido, sobre todo si se utiliza un sonómetro estándar. Este indica un nivel de presión acústica (Sound Pressure Level, SPL) en un punto específico, que muy probablemente es el resultado de más de una fuente de ruido. Por consiguiente, el inspector tiene que emplear un enfoque sistemático que permita separar cada fuente de las demás y conocer su aportación relativa al SPL total. Las técnicas siguientes pueden contribuir a identificar el origen o la fuente del ruido:

- Medir el espectro de frecuencias y representar los datos gráficamente.
- Medir el nivel sonoro, en dBA, en función del tiempo.
- Comparar los datos de frecuencias con equipos o líneas de producción similares.
- Aislar componentes con controles temporales o conectar y desconectar un equipo tras otro, siempre que sea posible.

Uno de los métodos más eficaces para localizar la fuente del ruido consiste en medir su espectro de frecuencias. Una vez medidos los datos, es muy útil representar gráficamente los resultados de modo que puedan visualizarse las características de dicha fuente. En la mayoría de los problemas de supresión del ruido, las mediciones pueden realizarse utilizando filtros de octava o de tercio de octava con el sonómetro. La ventaja de la

Figura 47.5 • Comparación entre la tubería de unión y el nivel de fondo.

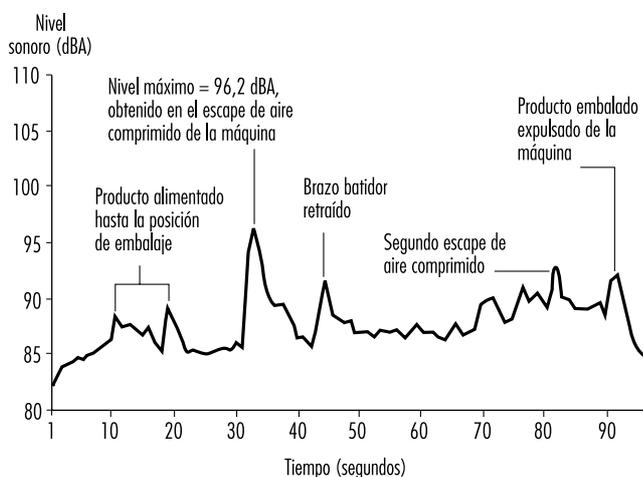


A efectos de presentación se representan en el lado derecho, en forma de barras, los niveles de ruido ponderados A para cada medición.

medición a un tercio de octava es que proporciona información más detallada acerca de lo que emite un equipo concreto. La Figura 47.4 presenta una comparación entre mediciones en octavas y tercios de octava realizadas cerca de una bomba de nueve pistones. Tal como se observa, los datos en tercios de octava identifican claramente la frecuencia de bombeo y muchos de sus armónicos. Si sólo se utilizan datos en octavas, representados por la línea más densa y trazados para la frecuencia central de cada banda en la Figura 47.4, resulta más difícil diagnosticar lo que ocurre dentro de la bomba. Con datos en octavas hay un total de nueve puntos de datos entre 25 hertzios (Hz) y 10.000 Hz, como ilustra esta figura. Sin embargo, hay un total de 27 puntos de datos en esta gama de frecuencias con la utilización de las medidas en tercios de octava. Evidentemente, los datos en tercios de octava proporcionarán más datos útiles para identificar la causa de un ruido. Esta información es decisiva si el objetivo es controlar el ruido en origen. Si lo único que interesa es tratar la vía por la que se transmiten las ondas sonoras, entonces serán suficientes los datos en octavas a los efectos de elegir productos o materiales acústicamente apropiados.

La Figura 47.5 presenta una comparación entre el espectro en tercios de octava medido a 1 m de la tubería de unión de un compresor refrigerador de líquido y el nivel de fondo medido aproximadamente a 8 m de distancia (ver aproximaciones dadas en la nota al pie). Esta última posición representa el área general por la que circulan los empleados a través del recinto. El cuarto de compresores no está ocupado habitualmente por trabajadores, salvo cuando hay operarios de mantenimiento reparando o revisando otros equipos en él. Además del compresor, hay otras máquinas grandes trabajando en esta zona. Para ayudar en la identificación de las fuentes de ruido primarias, se midieron varios espectros de frecuencias cerca de cada uno de los equipos. Al comparar cada espectro con los datos del ruido en el pasillo, sólo la tubería de unión del compresor presentó un espectro de forma similar. En consecuencia, puede llegarse a la conclusión de que ésta es la fuente de ruido principal que controla el nivel de ruido medido en el pasillo de los empleados. De modo que, tal como representa la Figura 47.5, utilizando datos de frecuencias medidos cerca del equipo y comparando gráficamente cada fuente con los datos registrados en los puestos de trabajo de los empleados u otras áreas de interés, a menudo es posible identificar claramente las fuentes de ruido dominantes.

Figura 47.6 • Puesto de trabajo del operario de embalaje.

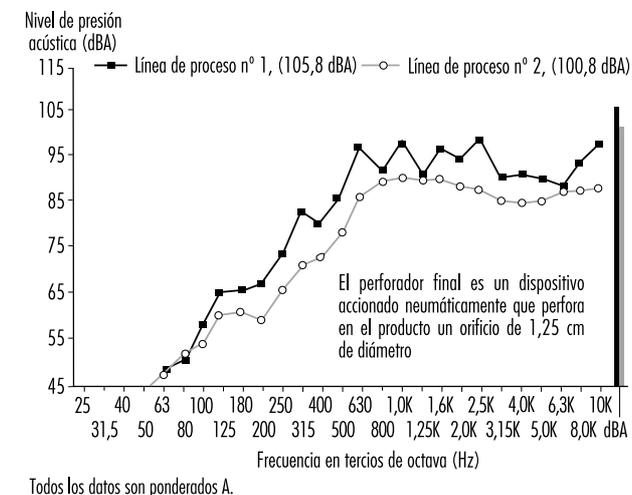


Cuando el nivel sonoro fluctúa, como ocurre con los equipos cíclicos, resulta útil medir la variación en el tiempo del nivel total de ruido con factor de ponderación A. Con este procedimiento es importante observar y documentar los eventos que se suceden a lo largo del tiempo. La Figura 47.6 presenta el nivel de ruido medido en el puesto de trabajo del operario durante un ciclo completo de la máquina. El proceso ilustrado en la Figura 47.6 representa el de una máquina de embalaje que tiene una duración aproximada del ciclo de 95 segundos. Tal como puede observarse, el nivel de ruido máximo de 96,2 dBA se produce durante el escape de aire comprimido a los 33 segundos del ciclo de máquina. Los demás sucesos importantes también están indicados en la figura, que permite identificar la fuente de ruido y la contribución relativa de cada actividad durante todo el ciclo de embalaje.

En ambientes industriales donde hay varias líneas de proceso con los mismos equipos, merece la pena tomarse la molestia de comparar los datos de frecuencias de equipos similares. La Figura 47.7 ilustra esta comparación para dos líneas de proceso similares, que fabrican ambas el mismo producto y trabajan a la misma velocidad. Parte del proceso supone el uso de un dispositivo accionado neumáticamente que perfora un orificio de media pulgada en el producto como fase final de su producción. Un examen de esta figura revela claramente que la línea nº 1 tiene un nivel sonoro total 5 dBA superior al de la línea nº 2. Además, el espectro de la línea nº 1 contiene una frecuencia fundamental y muchos armónicos que no aparecen en el espectro de la línea nº 2. En consecuencia, es necesario investigar la causa de estas diferencias. Si son significativas, suele ser una indicación de la necesidad de realizar tareas de mantenimiento, como ocurría con el mecanismo final de perforación de la línea nº 2. Sin embargo, este problema de ruido en particular necesitará medidas de control adicional, ya que el nivel total de la línea nº 1 es relativamente alto. No obstante, el objetivo de esta técnica de inspección es identificar los diferentes problemas de ruido que pueden existir entre equipos y procesos similares que puedan solucionarse fácilmente con un mantenimiento eficaz u otros ajustes.

Tal como ya se ha dicho, un sonómetro estándar indica un nivel sonoro que comprende la energía acústica de una o más fuentes de ruido. En condiciones óptimas de medición, lo mejor sería medir cada equipo con todos los demás fuera de servicio.

Figura 47.7 • Operación de perforación final para líneas de proceso idénticas.



Aunque esta situación es la ideal, en raras ocasiones resulta posible interrumpir la fabricación para poder aislar una fuente de ruido. Para obviar esta limitación, suele ser eficaz utilizar medidas de control temporal con ciertas fuentes de ruido que permitan reducirlo en cierta medida a corto plazo para poder medir otra fuente. Entre los materiales que pueden proporcionar una reducción temporal cabe citar los cerramientos de contrachapado, las mantas acústicas, los silenciadores y las barreras. A menudo, la aplicación permanente de estos materiales crea problemas a largo plazo, como pueden ser la intensificación del calor, dificultades de acceso para el operario o de circulación del producto, o costosas caídas de presión asociadas a unos silenciadores mal elegidos. Con todo, estos materiales pueden ser eficaces a corto plazo para aislar componentes individuales.

Otro método para aislar una máquina o componente concreto consiste en conectar y desconectar diferentes equipos o secciones de una línea de producción. Para realizar eficazmente este tipo de análisis de diagnóstico, el proceso debe poder funcionar con el equipo desconectado. Además, el proceso de fabricación no puede resultar afectado en modo alguno. En otro caso, la medición podría no ser representativa del nivel de ruido en condiciones normales. Finalmente, todos los datos válidos pueden clasificarse por la magnitud del valor total en dBA a fin de establecer las prioridades de control técnico del ruido de los equipos.

### **Selección de las opciones apropiadas de control del ruido**

Una vez identificada la causa o fuente del ruido y conocido cómo se radica a las áreas de trabajo, el paso siguiente consiste en elegir entre las opciones disponibles de control del ruido. El modelo estándar utilizado para el control de casi todos los riesgos para la salud consiste en examinar las diversas opciones de control aplicadas en la fuente, en la vía de transmisión y en el receptor. En algunas situaciones, bastará con controlar uno de estos elementos. Sin embargo, en otras circunstancias puede ser necesario tratar más de un elemento para obtener un ambiente de ruido aceptable.

El primer paso del proceso de control del ruido debe ser intentar alguna forma de tratamiento la fuente. En efecto, la modificación de la fuente aborda la causa originaria de un problema de ruido, mientras que el control de la vía de transmisión del sonido con barreras y cerramientos sólo trata los síntomas del ruido. Cuando existen varias fuentes de ruido en una máquina y el objetivo es el tratamiento en la fuente, será necesario estudiar todos los mecanismos generadores de ruido componente por componente.

En el caso del exceso de ruido generado por impactos mecánicos, entre las opciones de control a investigar cabría citar la adopción de métodos para reducir la fuerza impulsora, reducir la distancia entre componentes, equilibrar los equipos giratorios e instalar aisladores de vibraciones. Por lo que se refiere al ruido producido por la circulación de aire o líquidos a gran velocidad, la principal modificación consiste en reducir la velocidad del medio, suponiendo que esta opción sea factible. A veces, esa reducción se consigue aumentando la sección transversal de la tubería en cuestión. Es preciso eliminar toda obstrucción de la tubería para conseguir un flujo aerodinámico, que a su vez reducirá las variaciones de presión y la turbulencia del medio transportado. Finalmente, con la instalación de un silenciador puede conseguirse una reducción significativa del ruido total. Deberá consultarse con el fabricante del silenciador para elegir el dispositivo apropiado, en función de los parámetros de trabajo y de las restricciones establecidas por el comprador.

Si las superficies vibratorias de una máquina actúan como generadores de ruido aéreo, las opciones de control implican la

reducción de la fuerza impulsora asociada al ruido, la creación de secciones de menor tamaño a partir de grandes superficies, la perforación de la superficie, el aumento de la masa o la rigidez del sustrato, y la aplicación de material amortiguador o dispositivos antivibratorios. Por lo que se refiere al de aisladores y dispositivos antivibratorios deberá consultarse con el fabricante del producto para elegir tanto los materiales como los procedimientos de instalación apropiados. Por último, en muchas industrias el propio producto fabricado suele ser eficaz radiador de ruido aéreo. En estas situaciones, es importante evaluar formas de fijar o sujetar mejor el producto durante la fabricación. Otra medida de control del ruido a investigar sería la reducción de la fuerza de impacto entre la máquina y el producto, entre piezas del propio producto o entre productos distintos.

A menudo, no es viable remodelar procesos o equipos ni modificar las fuentes de ruido. Además, hay situaciones en las que es prácticamente imposible identificar la causa del ruido. En tales casos, la adopción de medidas de control para el tratamiento de la vía de transmisión del sonido sería un medio eficaz de reducción del nivel sonoro total. Las dos medidas principales de supresión para los tratamientos de las vías de transmisión son los cerramientos acústicos y las barreras.

El desarrollo de cerramientos acústicos ha progresado mucho en el mercado actual. Varios fabricantes ofrecen recintos comerciales y especiales. Para conseguir el sistema apropiado, el comprador tiene que facultar información relativa al nivel de ruido total (y posiblemente datos de frecuencias), las dimensiones del equipo, el objetivo de reducción de ruido, las necesidades de circulación del producto y de acceso de los empleados y cualquier otra restricción de trabajo. El proveedor podrá entonces utilizar dicha información para elegir un artículo de su almacén o fabricar un cerramiento a medida que satisfaga las necesidades existentes.

En muchos casos será más económico diseñar y construir un cerramiento que comprar uno comercial. Habrá que tener en cuenta muchos factores en el diseño del recinto si se quiere que sea satisfactorio tanto desde un punto de vista acústico como de producción. He aquí algunas directrices específicas para el diseño de cerramientos:

*Dimensiones del cerramiento.* No existe una directriz crítica sobre el tamaño o las dimensiones de un cerramiento. El mejor criterio a seguir es *cuanto mayor, mejor*. Lo importante es que haya suficiente holgura para que el equipo pueda realizar todos los movimientos previstos sin tocar el cerramiento.

*Paredes del cerramiento.* La reducción de ruido que se obtenga con un cerramiento dependerá de los materiales utilizados para construirlo y de lo hermético que sea. Para elegir los materiales apropiados para las paredes del recinto es conveniente atenerse a las siguientes normas empíricas (Moreland 1979):

- para un cerramiento sin absorción interna:
 
$$TL_{\text{reqd}} = NR + 20 \text{ dBA}$$
- con aproximadamente un 50 % de absorción interna:
 
$$TL_{\text{reqd}} = NR + 15 \text{ dBA}$$
- con un 100 % de absorción interna:
 
$$TL_{\text{reqd}} = NR + 10 \text{ dBA}$$

En estas expresiones,  $TL_{\text{reqd}}$  es la pérdida por transmisión exigible al panel o pared del cerramiento, y NR es la reducción de ruido que se pretende conseguir para cumplir el objetivo de supresión.

*Juntas.* Para obtener la máxima eficiencia, todas las juntas de las paredes deben ser herméticas. Las aberturas alrededor de entradas de tubos, conexiones eléctricas, etc., deben quedar selladas con mastique no endurecible, como el sellador de silicona.

**Absorción interna.** Para absorber y disipar la energía acústica, es conveniente forrar la superficie interna del recinto con un material acústicamente absorbente. Debe elegirse el material apropiado en función del espectro de frecuencias de la fuente de ruido. Los datos de absorción facilitados por el fabricante permiten elegir el material adecuado a dicha fuente. Es importante que los factores de absorción máximos se adapten a las frecuencias de la fuente cuyos niveles de presión acústica sean más altos. El fabricante o vendedor del producto también puede colaborar en la elección del material más eficaz en función del espectro de frecuencias de la fuente.

**Aislamiento del cerramiento.** Es importante que la estructura del cerramiento esté separada o aislada del equipo a fin de evitar que se transmitan vibraciones mecánicas al propio cerramiento. Si alguna pieza de la máquina, como las entradas de tuberías, llega a entrar en contacto con el cerramiento, es importante incluir dispositivos aislantes antivibratorios en el punto de contacto para cortocircuitar cualquier posible vía de transmisión. Finalmente, si la máquina hace que el suelo vibre, también deberá tratarse la base del cerramiento con material antivibratorio.

**Previsión para la circulación del producto.** Al igual que ocurre con la mayoría de los equipos de producción, será necesario que el producto entre y salga del recinto. El uso de canales o túneles acústicamente tratados puede permitir la circulación del producto y proporcionar además absorción acústica. Para minimizar la fuga de ruido, se recomienda que todas las vías de paso tengan el triple de longitud que el ancho interior de la mayor dimensión de la abertura del canal o túnel.

**Previsión para el acceso de los trabajadores.** Pueden instalarse puertas y ventanas para dar acceso físico y visual al equipo. Es fundamental que todas las ventanas tengan al menos las mismas pérdidas por transmisión que las paredes del recinto. Además, las puertas de acceso deben cerrar herméticamente por todos sus lados. Para impedir que el equipo funcione con las puertas abiertas, se recomienda incluir un sistema de enclavamiento que sólo permita el funcionamiento con las puertas totalmente cerradas.

**Ventilación del cerramiento.** En muchos de estos cerramientos, el calor puede resultar excesivo. Para introducir aire fresco en el recinto, deberá instalarse un ventilador con una capacidad de 650 a 750 pies cúbicos/metro en el conducto de salida o descarga. Por último, los conductos de admisión y descarga deben tratarse acústicamente con material absorbente.

**Protección del material absorbente.** Para evitar la contaminación del material absorbente, deberá aplicarse una barrera antisalpicaduras sobre el forro insonorizante, que deberá estar hecho de un material muy ligero, como una película de una milipulgada. La capa absorbente deberá fijarse con metal expandido, chapa metálica perforada o tela metálica. El material de recubrimiento deberá tener al menos un 25 % de superficie abierta.

Un tratamiento alternativo de las vías de transmisión del sonido consiste en utilizar una barrera acústica que bloquee o proteja al receptor (el trabajador expuesto al ruido peligroso) de la vía sonora directa. Una barrera acústica es un material con alta pérdida por transmisión, como un muro o tabique macizo, interpuesta entre la fuente de ruido y el receptor. Al bloquear la vía directa de la línea de visión de la fuente, la barrera hace que las ondas acústicas alcancen al receptor tras reflejarse en varias superficies de la sala y por difracción en los bordes de la barrera. De este modo, se reduce el nivel de ruido total en el lugar ocupado por el receptor.

La eficacia de una barrera depende de su ubicación con respecto a la fuente de ruido o a los receptores y de sus dimensiones totales. Para reducir el ruido al mínimo posible, es preciso situar la barrera lo más cerca posible de la fuente o del receptor.

Además, debe ser lo más alta y ancha posible. Para bloquear eficazmente la vía de transmisión del sonido, es conveniente utilizar un material de alta densidad, del orden de 4 a 6 lb/ft<sup>3</sup>. Por último, la barrera no debe tener aberturas ni resquicios que puedan reducir su eficacia de manera significativa. Si es necesario incluir una ventanilla para obtener acceso visual al equipo, es importante que su coeficiente de transmisión del sonido sea al menos equivalente a la del material de la propia barrera.

La última opción para reducir la exposición de los trabajadores al ruido consiste en tratar el espacio o área en el que trabaje el empleado. Esta opción es la más práctica para aquellas actividades laborales, como la inspección de productos o los puestos de vigilancia de equipos, en las que limitan los movimientos del empleado estás limitados a una zona relativamente pequeña. En tales casos, se puede instalar una garita o cabina insonorizada para aislar al empleado y protegerle de los niveles de ruido excesivos. La exposición diaria al ruido se reducirá en tanto en cuanto se pase una parte importante del turno laboral dentro de la cabina. Para construir una cabina de este tipo, es conveniente consultar las directrices anteriormente descritas referentes al diseño de cerramientos.

Como conclusión, la implantación de un programa eficaz de "adquisición de productos sin ruido" debe ser el paso inicial de un proceso total de control del ruido. Este enfoque está concebido para evitar la compra o instalación de equipos que puedan presentar problemas de ruido. Sin embargo, en los casos en los que ya existen niveles de ruido excesivos, será necesario evaluar la opción más práctica de control técnico para cada fuente de ruido. Al determinar la prioridad relativa y la urgencia de la implantación de medidas de control del ruido, será preciso considerar la exposición de los trabajadores, la ocupación del espacio y los niveles de ruido de toda la zona. Obviamente, un aspecto importante del resultado deseado es que se consiga reducir al máximo la exposición del trabajador al ruido para la inversión económica realizada y que al mismo tiempo se ofrezca al trabajador el máximo grado de protección.

## PROGRAMAS DE CONSERVACION DE LA AUDICION

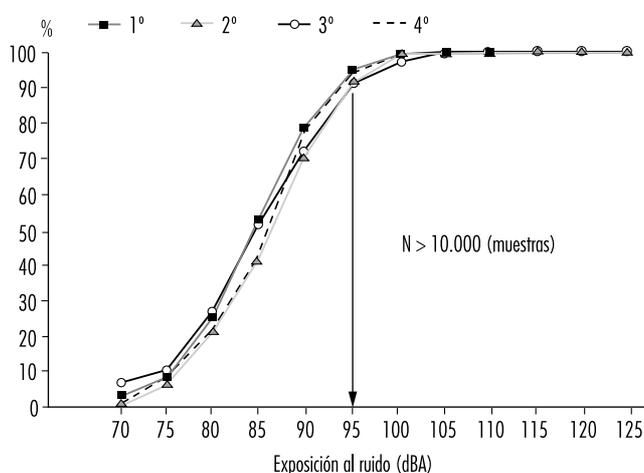
*Larry H. Royster y Julia Doswell Royster\**

El principal objetivo de los programas de conservación de la audición en el trabajo (PCA) es evitar las pérdidas auditivas provocadas por la exposición peligrosa al ruido en el lugar de trabajo (Royster y Royster, 1989 y 1990). Sin embargo, la persona responsable —a quien nos referiremos en adelante como la "persona clave"— de asegurar la eficacia del PCA deberá utilizar su sentido común para modificar estas prácticas y adaptarlas a la situación local para conseguir el objetivo deseado: proteger a los trabajadores de los perjuicios derivados de la exposición al ruido en el trabajo. Un objetivo secundario de estos programas debe ser educar y motivar a las personas para que también ellas decidan protegerse de las exposiciones peligrosas a ruidos no laborales y transmitir sus conocimientos sobre la conservación de la audición a sus familiares y amigos.

La Figura 47.8 presenta las distribuciones de más de 10.000 muestras de exposición al ruido procedentes de cuatro fuentes de dos países, incluyendo diversos ambientes de trabajo industriales, mineros y militares. Las muestras son valores medios ponderados en períodos de 8 horas sobre la base de factores de

\* Los autores agradecen al Departamento de Trabajo de Carolina del Norte su permiso para reutilizar materiales elaborados durante la redacción de una guía industrial NCDOL sobre conservación de la audición.

Figura 47.8 • Estimación del peligro derivado de la exposición al ruido en diferentes poblaciones.



acumulación de 3, 4 y 5 dB. Estos datos indican que aproximadamente el 90 % de las exposiciones diarias de ruido equivalente son de 95 dBA o menos, y sólo el 10 % superan los 95 dBA.

La importancia de los datos de la Figura 47.8, suponiendo que sean aplicables a la mayoría de los países y poblaciones, radica simplemente en que una gran mayoría de los empleados expuestos al ruido sólo tienen que conseguir protegerse de 10 dBA de ruido para eliminar el peligro. En el caso de que se lleven protectores auditivos (PA), los responsables de la salud de los trabajadores deberán tomarse el tiempo necesario para equipar a cada persona con un protector que sea cómodo y práctico para su ambiente, que tenga en cuenta sus necesidades auditivas (capacidad para oír señales de aviso, conversaciones, etc.), y que sean herméticos al ruido cuando se lleven día tras día en entornos reales.

Este artículo presenta en forma condensada una serie de prácticas adecuadas de conservación de la audición, resumidas en la lista de control que contiene la Figura 47.9.

### Beneficios de la conservación de la audición

La prevención de las pérdidas auditivas en el trabajo beneficia al trabajador porque preserva las capacidades auditivas que son cruciales para disfrutar de una buena calidad de vida: comunicación interpersonal, disfrute de la música, detección de sonidos de alarma y muchas más. El PCA proporciona un beneficio en términos de chequeo sanitario, ya que las pérdidas auditivas de carácter no laboral y las enfermedades auditivas con posible tratamiento suelen detectarse por medio de audiometrías anuales. La reducción de la exposición al ruido también reduce el estrés y la fatiga relacionados con el ruido.

El empresario se beneficia directamente de la implantación de un PCA eficaz que mantenga a sus trabajadores en buenas condiciones de audición, ya que éstos serán más productivos y versátiles si no se deterioran sus capacidades de comunicación. Los PCA eficaces pueden reducir los porcentajes de accidentes y promover la eficiencia en el trabajo.

### Fases de un PCA

La lista de control de la Figura 47.9 da detalles de cada fase. Diferentes personas pueden ser responsables de diferentes fases, y estas personas componen el equipo del PCA.

### Determinación de la exposición al ruido

Los sonómetros o los dosímetros de ruido personales se utilizan para medir los niveles de ruido en el lugar de trabajo y calcular la exposición de los trabajadores al ruido para determinar si se necesita un PCA; en tal caso, los datos así recogidos permiten establecer políticas apropiadas para proteger a los trabajadores (Royster, Berger y Royster 1986). Los resultados de la evaluación identifican qué trabajadores (por departamento o puesto de trabajo) serán incluidos en el PCA, en qué áreas deberá exigirse el uso de protectores auditivos y qué protectores auditivos se considerarán adecuados. Es necesario tomar muestras en condiciones de producción representativas para clasificar las exposiciones en rangos (menos de 85 dBA, 85-89, 90-94, 95-99 dBA, etc.). La medición de niveles de ruido con factor de ponderación A durante la evaluación general suele identificar las fuentes de ruido dominantes en áreas de la fábrica donde posteriores estudios de control técnico del ruido pueden reducir significativamente la exposición de los trabajadores.

### Controles técnicos y administrativos del ruido

Los controles de ruido pueden reducir la exposición de los empleados hasta un nivel seguro, eliminando la necesidad de un programa de conservación de la audición. Los controles técnicos (ver artículo "Técnicas de control del ruido" en este mismo capítulo) implican modificar la fuente de ruido (como incorporar silenciadores en toberas de salida de aire), la vía de transmisión (como encerrar el equipo en un recinto insonorizante) o el receptor (como instalar un cerramiento alrededor del puesto del empleado). Normalmente es necesario que el trabajador participe en el diseño de tales modificaciones para que sean prácticas y no dificulten su trabajo. Obviamente, siempre que sea práctico y factible deberá reducirse o eliminarse la exposición del empleado a ruidos peligrosos por medio de controles técnicos.

Entre los controles administrativos del ruido cabe citar la sustitución de equipos anticuados por nuevos modelos más silenciosos, el cumplimiento de los programas de mantenimiento de equipos relativos al control del ruido, y la realización de cambios en los planes de trabajo de los empleados para reducir las dosis de ruido limitando el tiempo de exposición cuando resulte práctico y técnicamente aconsejable. El trabajo de planificación y diseño para reducir el ruido a niveles no peligrosos a la hora de poner en línea nuevas instalaciones de producción es un control administrativo que también puede eliminar la necesidad de un PCA.

### Formación y motivación

Ni los miembros del equipo PCA ni los trabajadores participarán en la conservación de la audición hasta que comprendan su objetivo, cómo se beneficiarán directamente del programa y que el cumplimiento de los requisitos de seguridad e higiene de la empresa es una condición del empleo. Sin una adecuada formación que motive las acciones individuales, el PCA fracasará (Royster y Royster 1986). Entre otros, deberán tratarse los siguientes temas: la finalidad y los beneficios del PCA, los métodos y los resultados de la evaluación de ruido, el uso y mantenimiento de los tratamientos técnicos de control del ruido para reducir la exposición al mismo, exposiciones a ruidos peligrosos fuera del trabajo, de qué modo daña el ruido al oído, las consecuencias de la pérdida auditiva en la vida diaria, la elección y adaptación de protectores auditivos y la importancia de llevarlos con coherencia, de qué modo se identifican los cambios en la capacidad auditiva por medio de pruebas audiométricas para indicar la necesidad de aumentar la protección y las políticas PCA del empresario. Lo ideal es que se expliquen estos temas a pequeños grupos de trabajadores en reuniones de seguridad, disponiendo de tiempo suficiente para que planteen

Figura 47.9 • Lista de control de prácticas adecuadas del PCA.

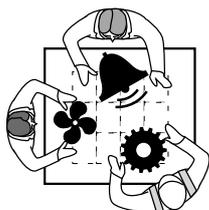
**DETERMINACION DE LA EXPOSICION AL RUIDO**

- Se han determinado exposiciones diarias individuales representativas para todas los puestos de trabajo expuestas a ruido.
- Se ha presentado un mapa de ruido de la fábrica que ilustra:
  1. áreas en las que los trabajadores están incluidos en el PCA
  2. áreas en las que es obligada la utilización de PA
- Se ha informado a los trabajadores de las exposiciones diarias típicas de sus departamentos.
- Los miembros del equipo del PCA y los supervisores departamentales disponen de resúmenes de los resultados de las evaluaciones de ruido.



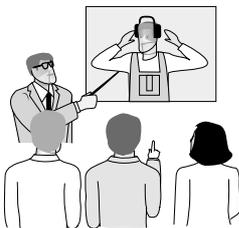
**CONTROLES TECNICOS Y ADMINISTRATIVOS DE RUIDO**

- Se ha realizado un estudio de control técnico del ruido para todas las áreas en las que es preciso llevar protectores auditivos.
- Se han identificado las fuentes de ruido dominantes en los recintos de producción.
- Se han identificado fuentes de ruido de los equipos que contribuyen a cada fuente de ruido dominante.
- Existen especificaciones de compra de equipos en materia de ruido y se utilizan a la hora de comprar nuevos equipos que puedan contribuir o aumentar significativamente las exposiciones.
- Existe un programa de mantenimiento de controles de ruido y su implantación continuada es la práctica normal.
- La fase de formación del PCA incluye información relativa al programa y las actividades de control del ruido y se presta la atención apropiada a los comentarios de las personas afectadas.
- La planificación de nuevas instalaciones incluye opciones de control del ruido. Las soluciones aplicadas en el pasado a los problemas de control del ruido están documentadas y se discuten durante los programas formativos.



**FORMACION Y MOTIVACION**

- Los miembros del equipo reciben formación acerca de las pérdidas auditivas y de la conservación de la audición que les permite comprender los objetivos y políticas del PCA.
- Los miembros del equipo del PCA reciben formación respecto al modo de cumplir con sus obligaciones (especialmente en la referente a la adaptación y utilización de protectores auditivos).
- Los trabajadores asisten cada año a programas educativos actualizados que se concentran en por qué y cómo proteger su propia capacidad auditiva dentro y fuera del trabajo.
- El personal del PCA mantiene el programa en la mente de los empleados por medio de recordatorios informales con periodicidad al menos trimestral.
- La dirección respalda el PCA con su ejemplo personal (llevando protectores auditivos), haciendo cumplir las políticas y participando en los programas formativos.
- Se evalúa la participación del personal en el PCA durante su reunión anual.



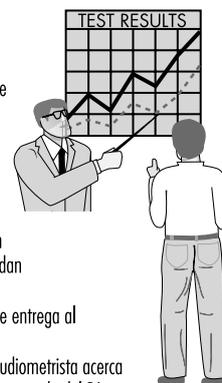
**PROTECCION AUDITIVA**

- Se impone estricta y coherentemente la utilización de PA en las áreas necesarias.
- La comodidad, la practicidad y el nivel alcanzable de atenuación en el mundo real son los principales criterios para elegir los protectores auditivos que se mantendrán en almacén.
- A cada empleado se le adaptan PA individualmente y se le enseña cómo utilizarlos y cuidarlos apropiadamente.
- Se comprueba la adaptación de todos los tipos de protectores, incluyendo orejeras y tapones de tamaño único.
- Existe un mínimo de dos tapones (uno de ellos en varias medidas) y una orejera para elegir. Es preferible disponer de tres tapones y dos orejeras (una de ellas semiaural).
- Se reemplazan los protectores periódicamente.
- Los repartidores de protectores auditivos sólo distribuyen el tipo y tamaño de protección inicialmente adaptado a cada trabajador; para cambiar de tipo o tamaño, el trabajador debe volver al encargado de la adaptación.
- Se vuelve a comprobar el estado, la adaptación y la correcta colocación del protector auditivo de cada trabajador durante la evaluación audiométrica.
- Los empleados reciben protectores auditivos que pueden llevarse a casa para utilizarlos durante las exposiciones a ruidos fuera del trabajo.



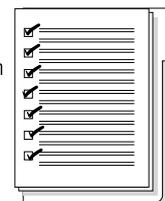
**EVALUACIONES AUDIOMETRICAS**

- Los audiómetros están en buenas condiciones de funcionamiento.
- La calibración del audiómetro no se ajusta hasta que se sale de tolerancias y se registran permanentemente tanto las lecturas de preajuste como de ajuste posterior.
- Los técnicos audiométristas emplean métodos de pruebas coherentes bajo supervisión profesional.
- Se utiliza una cabina audiométrica.
- Los técnicos instruyen a los trabajadores para que escuchen atentamente y respondan a los tonos más débiles que puedan detectar.
- La historia auditiva del empleado se actualiza cada año y se entrega al revisor de audiometrías.
- Los empleados reciben información inmediata del técnico audiométrista acerca de los resultados de la audiometría en relación con el uso apropiado del PA.
- Los empleados reciben información escrita del revisor de audiometrías acerca de:
  1. su estado auditivo en comparación con lo normal para su edad
  2. cualquier cambio auditivo registrado a lo largo del tiempo
  3. recomendaciones para mejorar la protección tanto dentro como fuera del trabajo, o para someterse a examen o tratamiento médico, en su caso.
- El revisor de audiometrías busca desviaciones significativas a cualquier frecuencia de pruebas audiométricas, no sólo criterios de desviación especificados en reglamentaciones.
- Los revisores de audiometrías revisan los umbrales mínimos de referencia de los trabajadores en busca de mejoras del umbral, así como de un empeoramiento persistente.
- El personal del PCA continúa asesorando y formando en materia de protección auditiva a los empleados que presentan cambios significativos de audición.



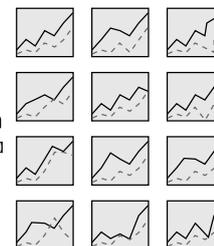
**EVALUACION DEL PROGRAMA**

- Existe una persona clave que supervisa las cinco fases del PCA.
- Los miembros del equipo del PCA comprueban que se cumplen y se documentan todas las tareas.
- Los PA son potencialmente eficaces en su uso real.
- Se impone la utilización de PA.
- Se mantiene una comunicación activa entre los miembros del equipo del PCA y con el personal de todos los niveles jerárquicos de la empresa.
- Los directivos se responsabilizan de su comportamiento en el PCA tanto a sí mismos como al personal de la empresa.
- Se analizan bases de datos audiométricas para evaluar la eficacia global del PCA a fin de prevenir las pérdidas auditivas inducidas por ruido en el trabajo.



**MANTENIMIENTO DE REGISTROS**

- Se asigna un solo responsable, como persona clave, para el mantenimiento/supervisión de todos los expedientes relativos a actividades del PCA.
- Los informes de las evaluaciones de ruido pasadas y presentes están en orden y disponibles para su revisión por todas las partes implicadas en el PCA (incluyendo a los trabajadores).
- La exposición diaria representativa está indicada en las audiometrías o disponible para las personas que los realizan y revisan, así como para las encargadas de adaptar y repartir los protectores auditivos.
- Se documentan los contenidos de los programas formativos y se mantienen registros de asistencia.
- Se mantiene un resumen de las actividades de control del ruido y se utiliza su valor formativo durante los programas de formación y motivación.
- Se documentan los procedimientos de adaptación y reparto de protectores auditivos.
- Se mantienen y están disponibles para su revisión todos los expedientes relacionados con evaluaciones audiométricas, como calibración de audiómetros, niveles de ruido de fondo en ambientes de pruebas, certificación y reciclaje de formación de técnicos y directrices de procedimiento generales.



preguntas. En los PCA eficaces, la fase formativa es un proceso continuo —no sólo una presentación anual— ya que el personal del PCA aprovecha cada día las oportunidades de recordar a los demás cómo conservar su capacidad auditiva.

### **Protección auditiva**

El empresario proporciona a los empleados protectores auditivos (tapones, orejeras y dispositivos semiinsertados) para que los lleven mientras existan niveles de ruido peligrosos en el lugar de trabajo. Como no se han desarrollado controles técnicos del ruido viables para muchos tipos de equipos industriales, los protectores auditivos son actualmente la mejor opción para prevenir la pérdida auditiva inducida por el ruido en estas situaciones. Como ya se ha indicado anteriormente, la mayoría de los trabajadores expuestos al ruido sólo tienen que conseguir una atenuación de 10 dB para quedar adecuadamente protegidos del ruido. Con la amplia selección de protectores auditivos disponibles hoy en día, es muy fácil conseguir una protección adecuada (Royster 1985; Royster y Royster 1986) si se adaptan los protectores individualmente a cada trabajador para conseguir un sellado acústico con una comodidad aceptable y si se enseña al trabajador cómo llevar el protector correctamente para mantener dicho sellado, pero coherentemente siempre que exista un ruido peligroso.

### **Evaluaciones audiométricas**

Cada persona expuesta debe someterse a un primer chequeo auditivo seguido de chequeos anuales para vigilar su estado auditivo y detectar cualquier cambio. Se utiliza una cabina audiométrica para definir los umbrales auditivos del trabajador a 0,5, 1, 2, 3, 4, 6 y 8 kHz. Si el PCA es eficaz, los resultados audiométricos de los empleados no mostrarán cambios significativos asociados con daños auditivos inducidos por el ruido en el trabajo. Si se hallan cambios auditivos sospechosos, el técnico audiometrista y el audiólogo o médico que revise el expediente podrán aconsejar al empleado que lleve los PA más cuidadosamente, valorar si se necesitan PA mejor adaptados y motivar a la persona para que sea más diligente en la protección de su oído tanto dentro como fuera del trabajo. A veces pueden identificarse cambios auditivos provocados por causas no laborales, como la exposición a ruidos de aficiones o armas de fuego, o problemas médicos del oído. El control audiométrico sólo es útil si se mantiene un control de calidad de los procedimientos de pruebas y si se utilizan los resultados para poner en marcha el seguimiento de las personas que presenten cambios auditivos significativos (Royster 1985).

### **Mantenimiento de registros**

Los requisitos relativos a tipos de registros y tiempo de conservación varían según los países. En los países donde las cuestiones relativas a litigios y compensaciones a los trabajadores son importantes, es preciso mantener los expedientes durante más tiempo del que exigen las reglamentaciones laborales, ya que suelen ser útiles a efectos legales. El objetivo del mantenimiento de los registros es documentar de qué modo se ha protegido a los trabajadores del ruido (Royster y Royster 1989 y 1990). Entre los expedientes especialmente importantes cabe citar los procedimientos de evaluación de ruido y sus resultados, la calibración audiométrica y sus resultados, las actuaciones de seguimiento en respuesta a los cambios auditivos de los trabajadores y la documentación de adaptación de protectores auditivos y formación al respecto. Los registros deben citar los nombres de las personas que se ocuparon de las tareas del PCA así como de sus resultados.

## **Evaluación del programa**

### **Características de los programas eficaces**

Los PCA eficaces comparten las siguientes características y promueven una "cultura de seguridad" con respecto a todos los programas de seguridad (gafas de seguridad, cascos, comportamientos seguros en la elevación de cargas, etc.).

#### **La "persona clave"**

La estrategia más importante para que las cinco fases del PCA funcionen eficazmente en conjunto es unirlos bajo la supervisión de una persona de máxima responsabilidad (Royster y Royster, 1989 y 1990). En las empresas más pequeñas, donde una persona puede ocuparse de todas las facetas del PCA, la falta de coordinación no suele ser un problema. Sin embargo, a medida que aumenta el tamaño de la organización, participan en el PCA personas de diferentes departamentos: personal de seguridad, personal médico, ingenieros, higienistas industriales, supervisores del almacén de utillajes, supervisores de producción, etc. Cuando personas de diversas disciplinas se ocupan de diferentes aspectos del programa, resulta muy difícil coordinar sus esfuerzos a menos que una "persona clave" pueda supervisar todo el PCA. La elección de esta persona es crucial para el éxito del programa. Una de las principales cualificaciones que debe tener la persona clave es un interés auténtico en el PCA de la empresa.

La persona clave está siempre accesible y sinceramente interesada en los comentarios o quejas que puedan contribuir a mejorar el PCA. No adopta una actitud distante ni permanece en su despacho, dirigiendo el PCA mediante órdenes escritas, sino que pasa tiempo en los talleres de producción o en cualquier parte donde haya trabajadores trabajando, a fin de relacionarse con ellos y observar de qué modo pueden evitarse o resolverse los problemas.

#### **Funciones y comunicaciones activas**

Los principales miembros del equipo PCA deben reunirse regularmente para examinar los progresos del programa y asegurarse de que todos cumplen sus obligaciones. Una vez que las personas encargadas de diferentes tareas comprenden de qué modo contribuyen sus propias funciones al resultado global del programa, cooperan mejor para prevenir las pérdidas auditivas. La persona clave puede lograr esta comunicación y cooperación activa si la dirección le otorga la autoridad necesaria para tomar decisiones en materia del PCA y le facilita los recursos necesarios para llevar a la práctica las decisiones tomadas. El éxito del PCA depende de todas, desde el jefe máximo hasta el contratado más reciente; todos tienen un papel importante. El papel de la dirección es principalmente respaldar el PCA y aplicar sus políticas como una de las facetas del programa global de seguridad e higiene de la empresa. El papel de los mandos intermedios y de los supervisores es más directo: contribuyen a ejecutar las cinco fases. El papel de los trabajadores es participar activamente en el programa y ser agresivos a la hora de realizar sugerencias para mejorar el funcionamiento del PCA. Sin embargo, para lograr la participación de los trabajadores, la dirección y el equipo PCA deben ser receptivos a sus comentarios y darles respuesta.

#### **Los protectores auditivos: eficaces y de obligada utilización**

La importancia de las políticas de protección auditiva para el éxito del PCA viene subrayada por dos características que debe tener un PCA eficaz: la estricta imposición de la utilización de los protectores auditivos (debe existir una obligación real, no sólo una política en papel) y la disponibilidad de protectores que puedan ser eficaces para quienes los lleven en el entorno de trabajo. Los protectores potencialmente eficaces son prácticos y lo bastante cómodos para que los empleados los lleven de manera

coherente y proporcionan una atenuación acústica adecuada sin entorpecer la comunicación por un exceso de protección.

#### Limitación de las influencias externas sobre el PCA

Si las decisiones tomadas a nivel local en relación con el PCA se ven limitadas por políticas impuestas por las oficinas centrales de la empresa, puede que la persona clave necesite la ayuda de la alta dirección para obtener excepciones a las normas corporativas o externas a fin de satisfacer las necesidades locales. La persona clave también debe mantener un control estricto sobre todo servicio prestado por asesores externos, contratistas o funcionarios públicos (como evaluaciones de ruido o audiometrías). Cuando se utilizan contratistas, resulta más difícil integrar sus servicios de manera cohesionada en el PCA global, pero es crucial conseguirlo. Si el personal de planta no se atiene a la información proporcionada por los contratistas, los elementos contratados del programa pierden efectividad. La experiencia indica claramente que es muy difícil establecer y mantener un PCA eficaz que dependa principalmente de contratistas externos.

En contraste con las características anteriores, a continuación se enumeran algunas causas comunes de ineficacia del PCA.

- comunicación y coordinación inadecuadas entre el personal del PCA;
- utilización de información insuficiente o errónea para tomar decisiones;
- formación inadecuada para los distribuidores y adaptadores de protectores auditivos;
- surtido inadecuado de protectores en almacén;
- exceso de confianza en las cifras a la hora de elegir dispositivos;
- no equipar y formar a cada usuario de PA individualmente;
- exceso de dependencia de fuentes externas (gobierno o contratistas) para la prestación de servicios PCA;
- no utilizar los resultados del control audiométrico para formar y motivar a los trabajadores,
- no utilizar datos audiométricos para evaluar la eficacia del PCA.

#### Evaluación objetiva de los datos audiométricos

Los datos audiométricos de la población expuesta al ruido proporcionan evidencias de si el PCA está previniendo las pérdidas auditivas en el trabajo. A lo largo del tiempo, los cambios auditivos de los trabajadores expuestos al ruido no deben ser mayores que los de los trabajadores de control equiparables sin trabajos ruidosos. Para obtener una primera indicación de eficacia del PCA, se han desarrollado procedimientos para el análisis de bases de datos audiométricos utilizando la variabilidad anual en los valores umbrales de la audición (Royster y Royster 1986a; ANSI 1991).

## ● NORMAS Y REGLAMENTACIONES

*Alice H. Suter*

### Terminología

En materia de ruido en el trabajo, los términos *reglamentación*, *norma* y *legislación* se utilizan a menudo de manera indistinta, aunque técnicamente pueden tener significados ligeramente diferentes. Una norma es un conjunto de reglas o directrices codificadas, muy similar a una reglamentación, pero que puede elaborarse bajo los auspicios de un grupo de consenso, como la Organización Internacional de Normalización (ISO). Una legislación consta de leyes prescritas por autoridades legislativas o gobiernos locales.

Muchas normas nacionales reciben el nombre de legislación. Algunos organismos oficiales utilizan también los términos "normas" y "reglamentaciones". El Consejo de las Comunidades Europeas (CCE) adopta *directivas*. Todos los miembros de la Comunidad Europea tuvieron que "armonizar", alrededor del año 1990, sus normas (legales o reglamentarias) en materia de ruido con la directiva 1986 CEE sobre exposición al ruido en el trabajo (CCE 1986). Esto significa que las normas y reglamentaciones de los estados miembros en materia de ruido tuvieron que incorporar al menos el mismo nivel de protección que la directiva comunitaria. En Estados Unidos, una *reglamentación* es una norma u orden prescrita por una autoridad gubernativa y suele tener más carácter de formalidad que de norma propiamente dicha.

Algunas naciones tienen un *código de práctica*, que es algo menos formal. Por ejemplo, la norma nacional australiana de exposición al ruido en el trabajo consta de dos breves párrafos que establecen normas obligatorias, seguidas de un código de práctica de 35 páginas que da orientaciones prácticas respecto al modo de implantar la norma. Los códigos de práctica no suelen tener la fuerza legal de las reglamentaciones o legislaciones.

Otro término que se utiliza ocasionalmente es *recomendación*, que es más parecida a una directriz que a una norma obligatoria y no puede exigirse su cumplimiento. En este artículo, el término *norma* se utilizará genéricamente para aludir a normas de ruido de todos los grados de formalidad.

### Normas de consenso

Una de las normas más utilizadas en materia de ruido es la ISO 1999, titulada "Acústica: determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación del deterioro auditivo inducido por ruido (*Acoustics: Determination of Occupational Noise Exposure and Estimate of Noise-Induced Hearing Impairment*, ISO 1990). Esta norma de consenso internacional es una revisión de una versión anterior, menos detallada, y puede utilizarse para predecir el grado de pérdida auditiva esperado en varios centiles de la población expuesta a diversas frecuencias audiométricas en función del nivel de la exposición y su duración, de la edad y del sexo.

La ISO es normalmente muy activa en el campo de la normalización en materia de ruido. Su comité técnico TC43, bajo el epígrafe "Acústica", está trabajando en una norma para evaluar la eficacia de los programas de conservación de la capacidad auditiva. Según von Gierke (1993), el subcomité 1º del TC43 (SC1) tiene 21 grupos de trabajo, algunos de los cuales tienen cada uno más de tres normas en estudio. El TC43/SC1 ha publicado 58 normas en materia de ruido y 63 normas adicionales se encuentran en fase de revisión o preparación (von Gierke 1993).

### Criterios de riesgo-daño

El término *criterios de riesgo-daño* se refiere al riesgo de deterioro auditivo derivado de diversos niveles de ruido. Son muchos los factores que influyen en la elaboración de estos criterios y normas además de los datos que describen el grado de pérdida auditiva derivado de un cierto grado de exposición al ruido. Las consideraciones son tanto técnicas como políticas.

Las siguientes cuestiones son buenos ejemplos de consideraciones políticas: ¿Qué proporción de la población expuesta al ruido debe ser protegida y qué pérdida auditiva constituye un riesgo aceptable? ¿Debemos proteger de todo grado de pérdida auditiva incluso a los miembros más sensible de la población expuesta? ¿O sólo debemos protegerles de una deficiencia auditiva compensable? Esto viene a ser una cuestión de qué fórmula de pérdida auditiva debe utilizarse y las decisiones tomadas por diferentes organismos gubernativos han sido muy variadas.

En los primeros años, se tomaron decisiones normativas que permitían grados de pérdida auditiva importantes como riesgo aceptable. La definición más común solía ser un umbral auditivo medio (o "barrera inferior") de 25 dB o más, a frecuencias audiométricas de 500, 1.000 y 2.000 Hz. Desde entonces, las definiciones de "deterioro auditivo" o "deficiencia auditiva" han sido más restrictivas, con diferentes países o grupos de consenso abogando por diferentes definiciones. Por ejemplo, ciertas

agencias gubernativas estadounidenses utilizan ahora 25 dB a 1.000, 2.000 y 3.000 Hz. Otras definiciones pueden incorporar una barrera inferior de 20 o 25 dB a 1.000, 2.000 y 4.000 Hz, y pueden incluir una gama de frecuencias más amplia.

En general, a medida que las definiciones incluyen frecuencias más altas y "barreras" o umbrales auditivos más bajos, se reduce el riesgo aceptable y es más alto el porcentaje de población expuesta que parece encontrarse en situación de riesgo a causa

Tabla 47.1 • Límites de exposición permisibles (PEL), factores de acumulación y otros requisitos de la exposición al ruido según el país.

País, fecha	PEL $L_{av}$ , 8 horas, dBA <sup>a</sup>	Factor de acumulación, dBA <sup>b</sup>	$L_{max}$ rms $L_{pico}$ SPL	Nivel para control técnico dBA <sup>c</sup>	Nivel para audiometría dBA <sup>c</sup>
Alemania, <sup>3, 6</sup> 1990	85 55,70	3	140 dB pico	90	85
Argentina	90	3	110 dBA		
Australia, <sup>1</sup> 1993	85	3	140 dB pico	85	85
Brasil, 1992	85	5	115 dBA 140 dB pico	85	
Canadá, <sup>2</sup> 1990	87	3		87	84
CCE, <sup>3, 4</sup> 1986	85	3	140 dB pico	90	85
Chile	85	5	115 dBA 140 dB		
China, <sup>5</sup> 1985	70-90	3	115 dBA		
España, 1989	85	3	140 dB pico	90	80
Estados Unidos, <sup>11</sup> 1983	90	5	115 dBA 140 dB pico	90	85
Finlandia, 1982	85	3		85	
Francia, 1990	85	3	135 dB pico		85
Hungría	85	3	125 dBA 140 dB pico	90	
India, <sup>7</sup> 1989	90		115 dBA 140 dBA		
Israel, 1984	85	5	115 dBA 140 dB pico		
Italia, 1990	85	3	140 dB pico	90	85
Noruega, <sup>10</sup> 1982	85 55,70	3	110 dBA		80
Nueva Zelanda, <sup>9</sup> 1981	85	3	115 dBA 140 dB pico		
Países Bajos, <sup>8</sup> 1987	80	3	140 dB pico	85	
Reino Unido, 1989	85	3	140 dB pico	90	85
Suecia, 1992	85	3	115 dBA 140 dB C	85	85
Uruguay	90	3	110 dBA		

<sup>a</sup> PEL = Límites de exposición permisibles. <sup>b</sup> Factor de acumulación. A veces llamado factor de duplicación o relación de interdependencia tiempo/intensidad, es la variación del nivel de ruido (en dB) permitido para cada división por dos o duplicación de la duración de la exposición. <sup>c</sup> Al igual que los PEL, los niveles para controles técnicos y pruebas audiométricas son también, presumiblemente, niveles *medios*.

Fuentes: Arenas 1995; Gunn; Embleton 1994; OIT 1994. Se han consultado además las normas publicadas por varios países.

**Notas a la tabla 47.1.**

<sup>1</sup> Los niveles para controles técnicos, las pruebas de audición y otros elementos del programa de conservación de la audición se definen en un código de Recomendaciones prácticas.

<sup>2</sup> Existen ciertas variaciones entre las distintas provincias canadienses: Ontario, Quebec y Nueva Brunswick utilizan 90 dBA con un factor de acumulación de 5 dB; Alberta, Nueva Escocia y Terranova utilizan 85 dBA con un factor de acumulación de 5 dB; y la Columbia Británica utiliza 90 dBA con un factor de acumulación de 3 dB. Todas ellas exigen controles técnicos a nivel del PEL. Manitoba exige ciertas prácticas de conservación de la audición por encima de 80 dBA, protectores auditivos y formación según demanda por encima de 85 dBA, y controles técnicos por encima de 90 dBA.

<sup>3</sup> El Consejo de las Comunidades Europeas (86/188/CEE) y Alemania (UVV Larm-1990) establecen que no es posible indicar un límite preciso para la eliminación de riesgos para la audición y del riesgo de sufrir otros deterioros de la salud a causa del ruido. Por consiguiente, el empresario viene obligado a reducir el nivel de ruido al máximo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control. Puede que otros estados comunitarios hayan adoptado también este enfoque.

<sup>4</sup> Los países integrantes de la Comunidad Europea se vieron obligados como mínimo a armonizar sus normas con la directiva comunitaria el 1 de enero de 1990.

<sup>5</sup> China exige diferentes niveles para diferentes actividades: p. ej., 70 dBA para líneas de montaje de precisión, talleres de transformación y salas de ordenadores; 75 dBA para salas de servicio, observación y descanso; 85 dBA para talleres nuevos, y 90 dBA para talleres existentes.

<sup>6</sup> Alemania también tiene normas de ruido de 55 dBA para tareas intelectualmente estresantes y de 70 dBA para trabajos administrativos mecanizados.

<sup>7</sup> Recomendación.

<sup>8</sup> La legislación holandesa en materia de ruido requiere el control técnico del ruido a 85 dBA "a menos que esto no pueda exigirse razonablemente". Deben facilitarse protectores auditivos por encima de 80 dBA y los trabajadores están obligados a llevarlos a niveles superiores a 90 dBA.

<sup>9</sup> Nueva Zelanda exige un máximo de 82 dBA para una exposición de 16 horas. Deberán llevarse orejeras con niveles de ruido superiores a 115 dBA.

<sup>10</sup> Noruega exige un PEL de 55 dBA para trabajos que requieran un alto grado de concentración mental, 85 dBA para trabajos que requieran comunicación verbal o gran precisión y atención, y 85 dBA para otros ambientes de trabajo ruidosos. Los límites recomendados son 10 dB inferiores. Los trabajadores expuestos a niveles de ruido superiores a 85 dBA deberán llevar protectores auditivos.

<sup>11</sup> Estos niveles son aplicables a la norma OSHA en materia de ruido, que comprende a los trabajadores de la industria en general y de los gremios marítimos. Los servicios militares de Estados Unidos imponen normas algo más exigentes. El ejército y las fuerzas aéreas estadounidenses utilizan un PEL de 85 dBA y un factor de acumulación de 3 dB.

de niveles determinados de ruido. Si la intención fuera que no existiera ningún riesgo de pérdida auditiva a causa de la exposición al ruido, ni siquiera en los miembros más sensibles de la población expuesta, el límite de exposición permisible tendría que ser de 75 dBA. De hecho, la directiva comunitaria ha establecido que el nivel al que el riesgo es despreciable es un nivel equivalente ( $L_{eq}$ ) de 75 dBA, nivel que también ha sido propuesto como objetivo para las instalaciones de producción de Suecia (Kihlman 1992).

Por lo general, la idea preponderante en este tema es que resulta aceptable que un grupo de trabajo expuesto a ruido pierda capacidad auditiva hasta cierto punto, pero no en exceso. No existe consenso por el momento sobre lo que se considera excesivo. Lo más probable es que la mayoría de los países adopten normas y reglamentaciones en un intento de mantener el riesgo al mínimo teniendo en cuenta la viabilidad técnica y económica al mismo tiempo, pero sin alcanzar un consenso sobre cuestiones tales como las frecuencias, la barrera o el porcentaje de población a proteger.

**Presentación de los criterios de riesgo-daño**

Los criterios de pérdida auditiva inducida por ruido pueden presentarse de dos maneras: desviación permanente del umbral inducida por ruido (Noise-Induced Permanent Threshold Shift, NIPTS) o riesgo porcentual. El criterio NIPTS es el grado de desviación permanente del umbral que persiste en una población después de restar la desviación del umbral que se produciría "normalmente" por causas distintas del ruido en el trabajo. El riesgo porcentual es el porcentaje de una población con un cierto grado de deterioro auditivo inducido por ruido *después* de restar el porcentaje de una población similar *no* expuesta a ruido en el

trabajo. Este concepto se denomina a veces *exceso de riesgo*. Lamentablemente, ninguno de los dos métodos carece de problemas.

El problema que presenta utilizar sólo el NIPTS es que resulta difícil resumir los efectos del ruido sobre la audición. Los datos suelen exponerse en una gran tabla que presenta la desviación del umbral inducida por ruido para cada frecuencia audiométrica en función del nivel de ruido, los años de exposición y el centil de población. El concepto de riesgo porcentual es más atractivo porque utiliza simples números y parece fácil de comprender. Pero el problema del riesgo porcentual es que puede variar enormemente en función de diversos factores, en especial la altura de la barrera del umbral auditivo y las frecuencias utilizadas para definir el deterioro auditivo (o deficiencia auditiva).

Con ambos métodos, el usuario necesita estar seguro de que las poblaciones expuestas y no expuestas están cuidadosamente equiparadas en lo referente a factores tales como la edad y la exposición a ruidos de carácter no laboral.

**Normas nacionales en materia de ruido**

La Tabla 47.1 indica algunas de las principales características de las normas de exposición al ruido de varios países. La mayoría de la información es actual al día de la fecha de esta publicación, pero algunas normas pueden haber sido revisadas recientemente. Se recomienda a los lectores que consulten las últimas versiones de las normas nacionales.

La Tabla 47.1 muestra claramente la tendencia de la mayoría de los países a utilizar un límite de exposición permisible (Permissible Exposure Limit, PEL) de 85 dBA, mientras que aproximadamente la mitad de las normas siguen utilizando 90 dBA para cumplir los requisitos de control técnico, tal como

permite la directiva comunitaria. La gran mayoría de los países indicados han adoptado el factor de acumulación de 3 dB, excepto Israel, Brasil y Chile, que utilizan de 5 dB con un criterio de nivel de 85 dBA. La otra excepción notable la constituye Estados Unidos (en el sector civil), aunque tanto el Ejército como la Aviación han adoptado 3 dB.

Además de sus requisitos para proteger a los trabajadores de las pérdidas auditivas, varios países incluyen disposiciones para prevenir otros efectos perjudiciales del ruido. Algunos países establecen en sus reglamentaciones la necesidad de protección frente a los efectos extra-auditivos del ruido. Tanto la directiva comunitaria como la norma alemana reconocen que el ruido en el lugar de trabajo presenta un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores más allá de la pérdida auditiva, pero que los conocimientos científicos actuales sobre efectos extra-auditivos no permiten establecer niveles de seguridad precisos.

La norma noruega especifica que los niveles de ruido no deben sobrepasar los 70 dBA en los ambientes de trabajo donde es necesaria la comunicación hablada. La norma alemana aboga por la reducción del ruido para la prevención de riesgos de accidente, y tanto Noruega como Alemania exigen un nivel de ruido máximo de 55 dBA para mejorar la concentración y prevenir el estrés durante la realización de tareas intelectuales.

Algunos países tienen normas especiales en materia de ruido para diferentes tipos de ambientes laborales. Por ejemplo, Finlandia y Estados Unidos tienen normas de ruido para

cabinas de vehículos automóviles, Alemania y Japón especifican niveles de ruido para oficinas. Otros incluyen el ruido como uno de los muchos riesgos regulados en un proceso determinado. Otras normas son aplicables a tipos específicos de equipos o máquinas, como compresores de aire, sierras mecánicas y equipos de construcción.

Además, algunos países han promulgado normas específicas para regular los protectores auditivos (como la directiva comunitaria, Países Bajos y Noruega) y los programas de conservación de la audición (como Francia, Noruega, España, Suecia y Estados Unidos).

Algunos estados utilizan enfoques innovadores para abordar el problema del ruido en el trabajo. Por ejemplo, Países Bajos tienen una norma específica para lugares de trabajo de nueva construcción, y Australia y Noruega ofrecen información a los empresarios destinada a que éstos den instrucciones a los fabricantes para que suministren equipos más silenciosos.

Existe poca información acerca del grado de cumplimiento de estas normas y reglamentaciones. Algunas especifican que los empresarios "deberían" tomar ciertas medidas (como en los códigos de práctica o directrices), mientras que la mayoría señalan que los empresarios "deberán". Las normas imperativas son más susceptibles de ser obligatorias, pero varía mucho la capacidad e inclinación de cada país para obligar al cumplimiento. Incluso dentro del mismo país, la aplicación de las normas laborales en materia de ruido pueden variar considerablemente según el gobierno del momento.

## Referencias

- American National Standards Institute (ANSI). 1985. *ANSI S1.4-1983, As Amended By ANSI S1.4-1985*. Nueva York: ANSI.
- . 1991. *ANSI S12.13. Evaluation of Hearing Conservation Programmes*. Nueva York: ANSI.
- . 1992. *ANSI S12.16. Guidelines for the Specification of Noise of New Machinery*. Nueva York: ANSI.
- Arenas, JP. 1995. Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile. Trabajo presentado en el CXXIX Congreso de la Sociedad Acústica de América, Valdivia, Chile.
- Boettcher FA, D Henderson, MA Gratton, RW Danielson, CD Byrne. 1987. Synergistic interactions of noise and other ototraumatic agents. *Ear Hear* 8(4):192-212.
- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). 1979. Documento CEI Núm. 651.
- . 1985. Documento CEI Núm. 804.
- Consejo de la Comunidad Europea (CCE). 1986. Directiva de 12 de mayo relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo (86/188/CEE).
- . 1989a. Directiva 89/106/CEE de 21 de diciembre 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción, DO Núm. L40, 11 de febrero.
- . 1989b. Directiva 89/392/CEE de 14 de junio de 1989 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas, DO Núm. L183, 29.6.1989.
- . 1989c. Directiva 89/686/CEE de 21 de diciembre de 1989 sobre la aproximación de las disposiciones legales y reglamentarias en materia de equipos de protección individual, DO Núm. L399, 30.12.1989.
- . 1991. Directiva 91/368/CEE de 20 de junio de 1991, enmienda de la Directiva 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas, DO Núm. L198, 22.7.91.
- . 1993a. Directiva 93/44/CEE de 14 de junio de 1993, enmienda de la Directiva 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, DO Núm. L175, 19.7.92.
- . 1993b. Directiva 93/95/CEE de 29 de octubre de 1993, enmienda de la Directiva 89/686/CEE sobre la aproximación de las disposiciones legales y reglamentarias de los Estados miembros en materia de equipos de protección individual, DO Núm. L276, 9.11.93.
- Dunn, DE, RR Davis, CJ Merry, JR Franks. 1991. Hearing loss in the chinchilla from impact and continuous noise exposure. *J Acoust Soc Am* 90:1975-1985.
- Embleton, TFW. 1994. Technical assessment of upper limits on noise in the workplace. *Noise/News Intl*. Poughkeepsie, Nueva York: I-INCE.
- Fechter, LD. 1989. A mechanistic basis for interactions between noise and chemical exposure. *ACES* 1:23-28.
- Gunn, P. N.d. Department of Occupational Health Safety and Welfare, Perth, Australia Occidental. Comunicación Personal.
- Hamernik, RP, WA Ahroon, KD Hsueh. 1991. The energy spectrum of an impulse: Its relation to hearing loss. *J Acoust Soc Am* 90:197-204.
- Ising, H, B Kruppa. 1993. *Lärm und Krankheit [Noise and Disease]*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Kihlman, T. 1992. Sweden's action plan against noise. *Noise/News Intl* 1(4):194-208.
- Moll van Charante, AW, PGH Mulder. 1990. Perceptual acuity and the risk of industrial accidents. *Am J Epidemiol* 131:652-663.
- Morata, TC, DE Dunn, LW Kretschmer, GK Lemasters, UP Santos. 1991. Effects of simultaneous exposure to noise and toluene on workers' hearing and balance. En *Proceedings of the Fourth International Conference On the Combined Environmental Factors, dirigi-*
- do por LD Fechter. Baltimore: Universidad Johns Hopkins.*
- Morata, TC. 1989. Study of the effects of simultaneous exposure to noise and carbon disulfide on workers' hearing. *Scand Audiol* 18:53-58.
- Moreland, JB. 1979. Noise Control Techniques. En *Handbook of Noise Control, dirigido por CM Harris. Nueva York: McGraw-Hill*
- Organización Internacional de Normalización. (ISO). 1975. *Method for Calculating Loudness Level*. ISO Document No. 532. Ginebra:ISO.
- . 1990. *Acoustics: Determination of Occupational Noise Exposure and Estimate of Noise-Induced Hearing Impairment*. ISO Document No. 1999. Ginebra: ISO.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1994. *Noise Regulations and Standards (Summaries)*. Ginebra: OIT.
- Peterson, EA, JS Augenstein, D Tanis, DG Augenstein. 1981. Noise raises blood pressure without impairing auditory sensitivity. *Science* 211:1450-1452.
- Peterson, EA, JS Augenstein, DC Tanis, R Warner, A Heal. 1983. *Proceedings of the Fourth International Congress On Noise As a Public Health Problem, dirigido por G Rossi. Milán: Centro Ricerche e Studi Amplifon.*
- Peterson, EA, JS Augenstein, DC Tanis. 1978. Continuing studies of noise and cardiovascular function. *J Sound Vibrat* 59:123.
- Price, GR. 1983. Relative hazard of weapons impulses. *J Acoust Soc Am* 73:556-566.
- Rehm, S. 1983. Research on extraaural effects of noise since 1978. En *Proceedings of the Fourth International Congress On Noise As a Public Health Problem, dirigido por G Rossi. Milán: Centro Ricerche e Studi Amplifon.*
- Royster, JD, LH Royster. 1986. Audiometric data base analysis. En *Noise and Hearing Conservation Manual, dirigido por EH Berger, WD Ward, JC Morrill y LH Royster. Akron, Ohio: American Industrial Hygiene Association (AIHA).*

- . 1989. *Hearing Conservation. NC-OSHA Industry Guide No. 15*. Raleigh, Carolina del Norte: North Carolina Department of Labor.
- . 1990. *Hearing Conservation Programs: Practical Guidelines for Success*. Chelsea, Michigan: Lewis.
- Royster, JD. 1985. Audiometric evaluations for industrial hearing conservation. *J Sound Vibrat* 19(5):24-29.
- Royster, LH, EH Berger, JD Royster. 1986. Noise surveys and data analysis. En *Noise and Hearing Conservation Manual*, dirigido por EH Berger, WH Ward, JC Morill y LH Royster. Akron, Ohio: American Industrial Hygiene Association (AIHA).
- Royster, LH, JD Royster. 1986. Education and motivation. En *Noise & Hearing Conservation Manual*, dirigido por EH Berger, WH Ward, JC Morill y LH Royster. Akron, Ohio: American Industrial Hygiene Association (AIHA).
- Suter, AH. 1992. *Communication and Job Performance in Noise: A Review*. American Speech-Language Hearing Association Monographs, No.28. Washington, DC: ASHA.
- . 1993. Noise and the conservation of hearing. Chap. 2 in *Hearing Conservation Manual* Milwaukee, Wisconsin: Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation.
- Thiery, L, C Meyer-Bisch. 1988. Hearing loss due to partly impulsive industrial noise exposure at levels between 87 and 90 dBA. *JAcoust.Soc.Am* 84:651-659.
- Van Dijk, FJH. 1990. Epidemiological research on non-auditory effects of occupational noise exposure since 1983. En *Noise As a Public Health Problem*, dirigido por B Berglund y T Lindvall. Estocolmo: Consejo Sueco para la Investigación de los Edificios.
- Von Gierke, HE. 1993. Noise regulations and standards: Progress, experiences, and challenges. En *Noise As a Public Health Problem*, dirigido por M Vallet. Francia: Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité.
- Wilkins, PA, WI Acton. 1982. Noise and accidents: A review. *Ann Occup Hyg* 2:249-260.

#### Otras lecturas recomendadas

- Berger, EH. 1986. Hearing protection devices. En *Noise and Hearing Conservation Manual*, dirigido por EH Berger, WH Ward, JC Morill y LH Royster. Akron, Ohio: American Industrial Hygiene Association (AIHA).
- Hassall, A, K Zaveru. 1979. *Acoustic Noise Measurements*. Naerum, Dinamarca: Bruel & Kjaer.
- Royster, LH, JD Royster. 1985. Hearing protection devices. En *Hearing Conservation in Industry*, dirigido por AS Feldman y CT Grimes. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Suvorov, GA, LN Shkarinov, EI Denisov. 1984. *Hygienic Assessment of Occupational Noises and Vibration*. Moscú: Meditsina.