

Determinación de aptitud de protectores auditivos

Autor: Lic. Oscar Alfredo Rodríguez *

Identificación de los Métodos normalizados por IRAM, aceptados por la Autoridad de Aplicación (SRT)

RESUMEN: Dos sonidos de igual Nivel de Presión Sonora pueden tener distinta composición espectral. Cuando debemos recurrir al empleo de Protectores Auditivos, debemos elegirlos con base en su capacidad de atenuación mínima presunta. Los métodos de evaluación disponibles varían según su origen. El presente trabajo intenta resumir y explicar el criterio vigente para la República Argentina y otros reconocidos internacionalmente.

Introducción

Es sabido que el ruido es uno de los contaminantes más omnipresentes en la actualidad, resultante del desarrollo productivo y social del hombre; sin embargo, es menos sabido que el término "Ruido" no es más que una calificación del Sonido, una de las formas de energía que podemos percibir mediante nuestros sentidos -en este caso, mediante el oído- y, como todas las formas de energía, presenta para el ser humano un grado a partir del cual comienza a ser perjudicial. El Ruido es, simplemente, un Sonido que nos resulta desagradable.

En las actividades productivas, la Hipoacusia Perceptiva inducida por exposición al Ruido se presenta en el mediano o largo plazo, de modo que cuando es posible identificar sintomatología indicadora de la aparición de la enfermedad, lo perdido es irrecuperable.

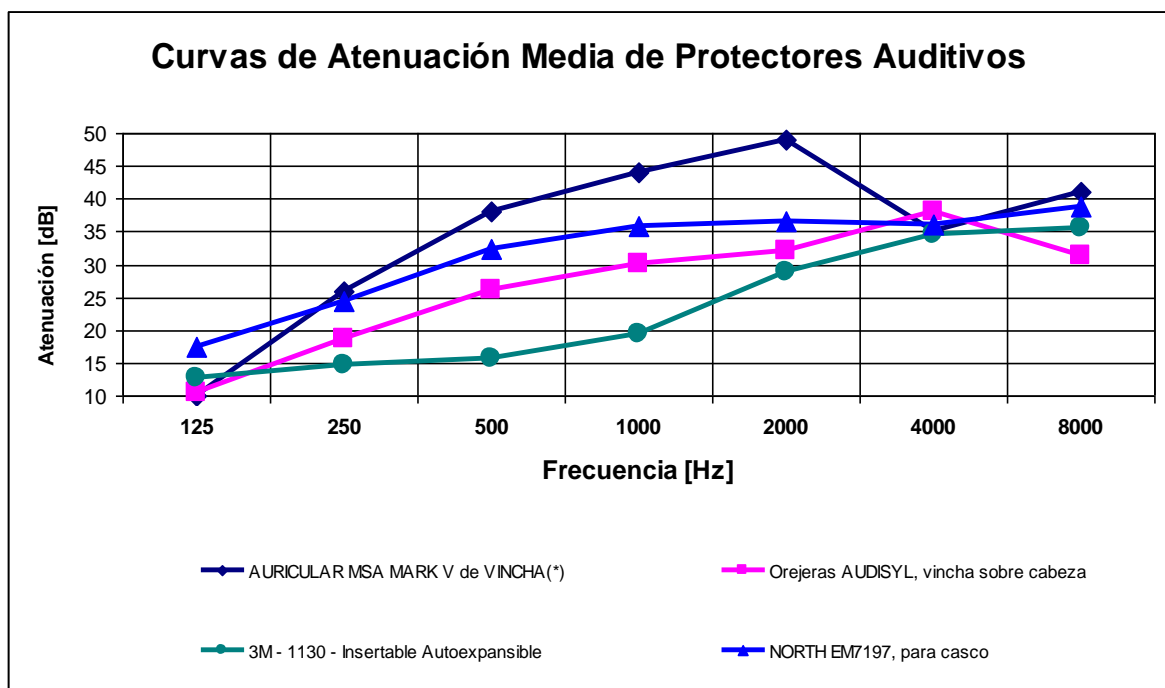
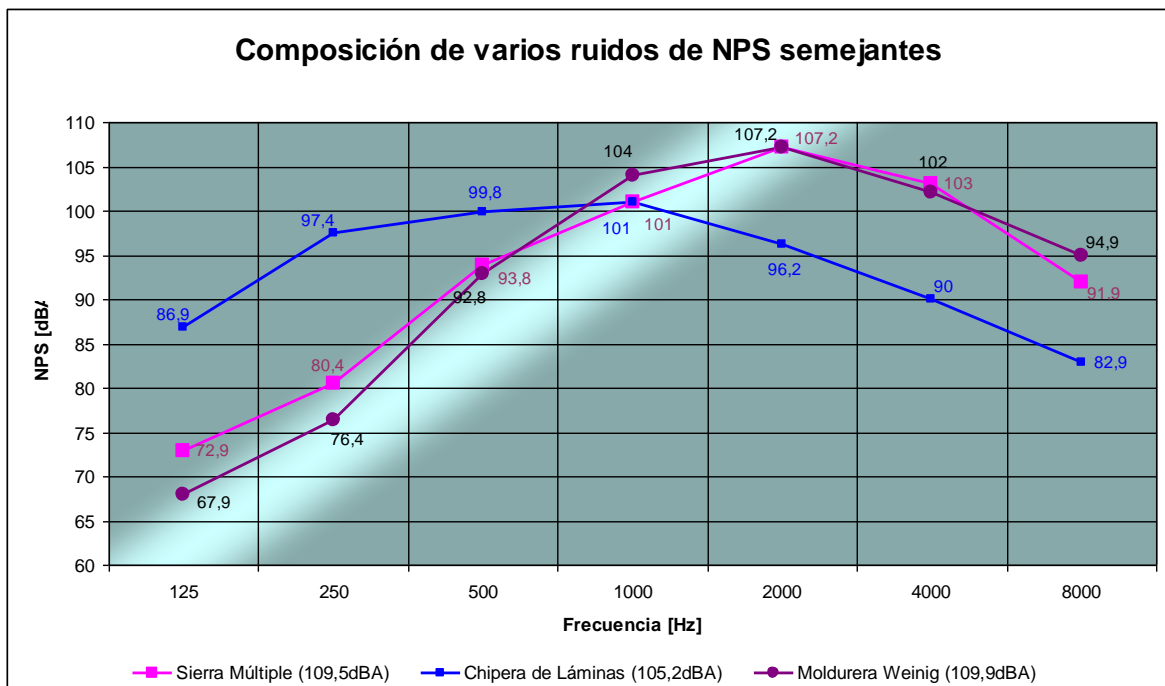
Lamentablemente, la ingeniería no ha logrado aún eliminar ni reducir este problema a costos económicamente aceptables, mientras que la ciencia médica y física sí han podido demostrar actualmente que el daño auditivo se produce a exposiciones mucho menores que las que se aceptaban hasta hace pocos años. De hecho, el Estado Nacional aceptaba como Límite Máximo Permissible, para una Jornada diaria de ocho horas o semanal de cuarenta y ocho, una Dosis en términos de Nivel Sonoro Continuo Equivalente de 90 dBA, en el año 2003 lo redujo a 85 dBA, en consonancia con otros países que lo habían hecho con anterioridad.

Si tenemos en cuenta que el decibel [dB] es de variación logarítmica, veremos que bajar el umbral de riesgo auditivo de 90 dB a 85 dB significa reconocer que el oído es afectado a casi la cuarta parte de lo que se aceptaba anteriormente.

En este contexto, la mayoría de las veces, el uso de Protectores Auditivos resulta ser imposible de evitar y, por lo tanto, es necesario poder predecir la efectividad o aptitud de un protector auditivo para impedir que llegue al oído del trabajador un Nivel de Presión Sonora capaz de causar daño.

* Licenciado en Higiene y Seguridad en el Trabajo - Consultor y Auditor en Salud y Seguridad Ocupacional y en Sistemas de Gestión OHSAS 18000 - Ex Jefe de Área Medio Ambiente, Calidad, Salud y Seguridad Ocupacional (MACSO) de PECOM ENERGÍA SA / División Forestal - Ex miembro de los Servicios de Higiene y Seguridad en el Trabajo de ALTO PARANÁ SA / Planta Celulosa - CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SA / Planta Quilmes y Maltería Hudson - VOLKSWAGEN ARGENTINA SA / Planta Monte Chingolo - CÍA. GENERAL DE FÓSFOROS SUDAMERICANA SA / Planta Lavigne

Siendo una responsabilidad del Empleador suministrar Elementos de protección Personal que eviten todo daño resultante de las tareas que realizan sus Empleados, es importante conocer los criterios técnicos que deben emplearse para seleccionar el protector adecuado a cada uno de los Puestos de Trabajo, dado que el Ruido presenta la particularidad de ser un fenómeno físico de composición espectral variable, por lo que aún teniendo dos puestos con igual Nivel de Presión Sonora resultante, es bastante probable que el mismo protector no tenga la misma eficacia en ambos casos, si difieren sus composiciones espectrales. Los siguientes gráficos intentan ilustrar estas diferencias:



Partiendo de este análisis y teniendo en cuenta que la mínima atenuación esperable de un protector auditivo está en el orden de los 12 a 15 dB, arribamos a la conclusión de que la aptitud de los Protectores Auditivos debe verificarse para cada Puesto de Trabajo, por lo menos siempre que $NSCEq \geq 95$ dBA.

Para tal fin, el Anexo V del Decreto 351/79 contenía una disposición que establecía el método por el cual debía hacerse esa verificación. Posteriormente, la Resolución MTESS 295/2003 derogó estas disposiciones y las reemplazó por una nueva especificación técnica que no menciona nada al respecto, creando un vacío legal que abre la puerta a decisiones desacertadas y a litigios innecesarios.

Por esa razón, en su oportunidad he realizado una consulta a la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT), recibiendo la respuesta que a continuación transcribo textualmente:

“El cálculo del nivel sonoro cuando se usen protectores auditivos o para la medición o determinación de la atenuación de un protector auditivo se utilizan diferentes metodologías y se puede seguir la Guía Metodológica que se crea más conveniente. El procedimiento para calcular el nivel al cual efectivamente está expuesto el usuario cuando usa protector auditivo es el que se especifica en la norma IRAM 4079, pudiéndose utilizar p. ej. la IRAM 4060-2/ 96 - Acústica. Protectores auditivos. Estimación de los niveles de presión sonora efectivos compensados con la red de ecualización "A" cuando se utilizan protectores auditivos. Es decir, describen los procedimientos normalizados para estimar la reducción de ruido que se puede conseguir, con el uso de un determinado protector auditivo, en función del tipo de ruido al que se le enfrenta, tal como se describen en la norma UNE EN ISO 4869 Acústica. Protectores auditivos contra el ruido, lo que permite, además, obtener la precisión del resultado según sea el procedimiento de cálculo utilizado. Por otro lado, se pone de manifiesto que, los protectores auditivos deben utilizarse durante la totalidad de la exposición, ya que su eficacia disminuye de forma exponencial al disminuir el tiempo de uso del protector.”

“La resolución ministerial introduce en su articulado la obligación empresarial de establecer y ejecutar un programa de medidas técnicas y organizativas destinadas a reducir la exposición al ruido cuando se sobrepasan los "valores de exposición que dan lugar a una acción". Por ello, determina los "valores límite de exposición" y los "valores de exposición que dan lugar a una acción".”

“Los valores límite se refieren a los niveles de presión acústica y duraciones de exposición que representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos sobre su capacidad para oír y comprender una conversación normal. Estos valores deben utilizarse como guía en el control de la exposición al ruido y se debe considerar la susceptibilidad individual; su aplicación no protegerá a todos los

trabajadores de los efectos adversos a la exposición de este agente. Cuando los trabajadores estén expuestos al ruido a niveles iguales o superiores a los valores límite, es necesario un programa completo de conservación de la audición que incluya pruebas audiométricas.”

“Según los criterios de seguridad laboral, el uso de protección auditiva personal debe ser la última medida de seguridad a adoptar para la conservación la audición. Antes se deben agotar todas las medidas de control del ruido desde la fuente de generación o el medio a través de cambios ingenieriles, modificaciones del proceso o instalación de sistemas de absorción del ruidos que impidan la propagación del mismo a través de la colocación de elementos aislantes acústicos como paneles absorbentes, pantallas, etc.” (e-mail srt, 29/06/07)

Adquirida y analizada la normativa mencionada en la respuesta de la Autoridad de Aplicación, resultó que sólo la norma IRAM 4060-2 contiene tres métodos aceptados para evaluar un protector auditivo, uno de los cuales es similar al empleado anteriormente conforme al Anexo V del Decreto 351/79.

Sin embargo, en la práctica diaria encontramos que la mayoría de los protectores auditivos que se comercializan en nuestro país son fabricados por empresas internacionales, que indican los valores de atenuación según normas extranjeras, mencionando tres curvas de atenuación distintas (dos según normas ANSI de EE.UU.) y la otra según norma Australiana, indicando también un valor denominado NRR y NRR(SF) cuya aplicación no está contemplada en las normas IRAM. Buscando información sobre este tema, encontré su definición, método de cálculo y forma de uso en un documento de NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health de EE.UU.

En el Desarrollo de este trabajo intentaré explicar los métodos que se pueden usar para establecer la aptitud de un protector auditivo para un puesto de trabajo determinado, según la bibliografía encontrada.

Desarrollo

Las Normas IRAM aplicables

IRAM 4079:2006 - Niveles máximos admisibles en ámbitos laborales para evitar deterioro auditivo. Relación entre la exposición al ruido y el desplazamiento permanente del umbral de audición. (ISO 1999:1990, MOD)

Objeto y campo de aplicación

“Esta norma especifica un método para calcular el desplazamiento permanente del umbral auditivo inducido por el ruido, que se espera que se produzca en los niveles umbrales de audición de una población de personas adultas como consecuencia de la exposición a ruidos de distintos niveles y duraciones; proporciona la base para calcular el déficit auditivo según

diversas fórmulas, cuando los niveles umbrales de audición, medidos en las frecuencias audiométricas usuales o en combinaciones de estas frecuencias, sobrepasan un cierto valor.” *

IRAM 4060-1 - Acústica - Protectores auditivos. Parte 1: Método subjetivo de medición de la atenuación sonora. (ISO 4869-1:1990)

Objeto y campo de aplicación

“Esta parte de la norma especifica un método subjetivo para la medida de la atenuación sonora de los protectores auditivos contra el ruido en el umbral de audición. El método y los procedimientos se destinan a la obtención de valores próximos a la atenuación máxima, que normalmente no se alcanzan bajo las condiciones de campo. La elección de esta aproximación se debe al hecho de que asegura una buena reproducción de los valores de atenuación. Estos valores no reflejan realmente las características del protector, sino en la medida en que los usuarios lo utilicen de la misma manera que los sujetos sometidos al ensayo.”

IRAM 4060-2:1996 - Acústica. Protectores auditivos. Parte 2 - Estimación de los niveles de presión sonora efectivos compensados con la red de equalización “A” cuando se utilizan protectores auditivos. (ISO 4869-2:1994)

Al objeto de este trabajo, nos detendremos a conocer, comentar e interpretar el contenido de esta Norma IRAM.

Objeto y campo de aplicación

“La presente norma describe tres procedimientos: el método de bandas de octava, el HML y el SNR, para determinar los niveles de presión sonora efectivos “A” cuando se utilizan protectores auditivos. Los métodos se aplican tanto a mediciones de nivel de presión sonora, como a las de nivel de presión sonora equivalente del ruido. Aunque en principio los métodos de esta norma fueron desarrollados para exposiciones con ruidos de espectro uniforme, también pueden aplicarse a ruidos industriales que contienen componentes impulsivas. Estos métodos no se aplican a mediciones de nivel de presión sonora picos.”

“Los tres métodos de cálculo pueden ser utilizados para establecer criterios de atenuación de ruido para seleccionar o comparar protectores auditivos, y/o fijar criterios de grado de atenuación mínima aceptable.”

En razón de estar familiarizado con su uso por ser el método obligatorio establecido por la legislación ahora derogada, y porque lo considero el método más confiable para predecir la capacidad de atenuación de un protector auditivo en una condición de ambiente ruidoso dado, me detendré sólo a comentar el Método de Bandas de Octava.

* En esta norma está basado el nuevo umbral de 85 dBA establecido por la Resolución MTESS 295 como Límite Máximo para una exposición de 8 horas diarias o 48 semanales.

Como mencioné en la Introducción, el Sonido -y consecuentemente el Ruido- se presenta siempre en forma compuesta, que puede abrirse en su espectro de modo similar a lo que ocurre con la luz del sol cuyo espectro forma los distintos colores. El Sonido contiene Tonos mezclados de modo tal que no es posible en el RUIDO distinguir los Tonos Puros Audibles, a menos que superen en 10 dB -como mínimo- a los de las frecuencias inmediatamente próximas, determinados mediante un análisis del espectro en bandas de a tercios de octava.

Una particularidad importante que esto produce consiste en que los materiales y texturas que se deben emplear para atenuar los Ruidos de baja frecuencia no son los mismos que para los de las frecuencias altas. Por lo tanto, un Protector Auditivo diseñado y construido para atenuar en una gama de frecuencias puede ser ineficaz para hacer lo mismo en la otra gama. Sin embargo, es posible encontrar el mismo valor de presión sonora en ambos casos.

Por ejemplo, un molino de bolas que giran dentro de un tambor puede que emita unos 100 dB, y una máquina para producir molduras en madera también. Sin embargo, si empleamos un filtro de bandas de octava, veremos que los espectros que componen los 100 dB son distintos, caracterizándose el molino por una predominancia de los niveles más altos en las frecuencias bajas (125, 250 y 500 Hz), mientras que la moldurera mostrará predominancia en las altas (2000, 4000, 8000 y 16000 Hz).

Esta es la razón más fuerte que me inclina a tomar al Método de Bandas de Octavas como el más confiable, como supongo que también concluirá el lector al finalizar la lectura de este trabajo.

Algunas definiciones:

Grado de protección (x): es el porcentaje de situaciones para las cuales el nivel de presión sonora EFECTIVO "A" es igual o menor que el valor pronosticado, cuando se utiliza el protector auditivo. El grado de protección elegido para el cálculo se designa agregando un subscrito a los índices de atenuación. Ej.: A_{f84} se refiere a la atenuación en la frecuencia "f" con un grado de protección del 84%. Ver **Tabla 1**

Nivel de Presión Sonora Efectivo (L'_{Ax}): el nivel efectivo que llega al oído al utilizar el protector auditivo que se analiza en el ambiente ruidoso donde se realizó la medición del nivel de presión sonora, compensado "A" para un grado de protección "x".

Reducción del Nivel Sonoro Pronosticada (PNR_x): es la diferencia entre el nivel de presión sonora compensado "A" (L_A) del ruido medido en el ambiente, y el nivel de presión sonora

efectivo compensado “A” (L'_{Ax}) cuando se usa el protector auditivo que se evalúa, para un cierto grado de protección “x”.

Valor de Protección Supuesto (APV_{fx}): es el valor de protección supuesto de un protector auditivo, en la frecuencia “f” y para un grado de protección “x”. Se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$APV_{fx} = m_f - \alpha * s_f \quad [1]$$

Donde:

APV es la sigla del término en inglés “Assumed Protection Value”

Subíndice “f”: la frecuencia central de la banda de octava

Subíndice “x”: el grado de protección seleccionado

m_f : el valor de la atenuación media del protector auditivo, obtenida de acuerdo a IRAM 4060

s_f : desviación estándar de la atenuación, obtenida de acuerdo a IRAM 4060-1

α : el factor obtenido de la Tabla 1, que depende del grado de protección seleccionado.

El Método de bandas de Octava - Norma IRAM 4060-2:1996

Este método requiere que se provean los niveles de presión sonora en bandas de octava del espectro de ruido ($L_{f(x)}$) y los valores de protección auditiva previstos (APV_{fx}). El cálculo se efectuará para cada situación de ruido en particular, debido a que el método depende de ella. El nivel de presión sonora efectivo “A” cuando se utiliza el protector auditivo, L'_{Ax} se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$L'_{Ax} = 10 \log \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{f(x)} + A_{f(k)} - APV_{f(k)x})} \text{ [dB]} \quad [2]$$

Siendo:

$f_{(k)}$: la frecuencia central de la banda de octava

$f_{(1)} = 63 \text{ Hz}$; $f_{(2)} = 125 \text{ Hz}$; $f_{(3)} = 250 \text{ Hz}$;; $f_{(8)} = 8.000 \text{ Hz}$

$L_{f(k)}$: el nivel de presión sonora del ruido en la banda de octava correspondiente

$A_{f(k)}$: la compensación en frecuencia “A” a las frecuencias centrales de las bandas de octava, según IRAM 4074-1, ver **Tabla 2**

Nota: si no se dispone de los datos de la atenuación del protector en la banda de octava de 63 Hz, la suma especificada en la ecuación [2] comienza con $APV_{125, x}$

El L'_{Ax} resultante se redondeará al número entero más próximo.

TABLA 1Valores de “ α ” para varios grados de protección “x”

Grado de protección “x” (en %)	Valor de “ α ”
75	0,67
80	0,84
84	1,00
85	1,04
90	1,28
95	1,64
98	2,00

TABLA 2

Valores para compensar a escala “A”

f [Hz]	A _f [dB]
63	-26,2
125	-16,1
250	-8,6
500	-3,2
1000	0
2000	+1,2
4000	+1,0
8000	-1,1

Uso de las Tablas 1 y 2

Tabla 1: se emplea para definir, previo al cálculo, el grado de protección que se desea obtener en el resultado, estableciendo el coeficiente “ α ” que se empleará para afectar al desvío estándar de la atenuación del protector. Así, si se desea tener una certidumbre de eficacia del protector para el 84% de las personas que lo usen en las condiciones de ruido medidas, se empleará $\alpha = 1,00$ por lo que a la atenuación del protector en cada frecuencia se le deducirá una vez el desvío estándar; mientras que si se desea trabajar con un grado de certidumbre del 98%, se deberán restar dos veces el desvío estándar, siendo $\alpha = 2,00$.

Tabla 2: la medición por cada centro de frecuencias se realiza sin compensación o con escala de compensación “C”. Los valores de A_f son los que deben sumarse al valor medido en cada frecuencia para obtener el nivel sonoro compensado en “A”. La escala de compensación “A” se considera la más semejante al comportamiento del oído humano.

Otros Métodos

Como mencionaba en la Introducción, en la práctica profesional cotidiana encontramos que los protectores auditivos de las mejores marcas internacionales no suministran la curva de atenuación obtenida según el método establecido en la norma IRAM 4060-1 o su equivalente ISO 4869-2:1994, ni tampoco lo hacen los nacionales de diseño reciente.

En su lugar, suelen suministrar dos curvas de atenuación obtenidas mediante sendos métodos normalizados por ANSI -EE.UU.- acompañadas por un valor único llamado NRR con una de las curvas, y NRR(SF) con la otra.

Al querer aplicarlos encontré serias divergencias en las recomendaciones de los fabricantes respecto al modo en que esos valores deben emplearse, por lo que investigué sobre su

significado, método de cálculo y uso en el país de origen, encontrando el siguiente documento de NIOSH que he traducido y transcribo a continuación.

COMPENDIO NIOSH DE PROTECTORES AUDITIVOS ³

Método para Calcular y Usar el NRR

(Noise Reduction Rating = Grado de Reducción del Ruido)

El NRR es un número simple que es requerido por la ley que sea mostrado en la etiqueta de cada protector auditivo vendido en EE.UU. El NRR está especificado por la disposición 40 CFR (Código de Regulaciones Federales) Parte 211, Etiquetado de Productos para el Ruido, Sub-parte B - Dispositivos para Protección Auditiva. Es independiente al espectro de ruido en el cual se aplica.

La siguiente descripción del método de medición y cálculo del NRR está tomada del Método 2 del Compendio NIOSH (Kroes y otros, 1975) y una tabla similar puede encontrarse en el 44 FR (Registro Federal) página 56142 (1979).

Cálculo del NRR:

Los valores de la atenuación sonora usados para el cálculo del NRR están determinados conforme a la norma ANSI S3.19-1974 "Norma Nacional Americana para la Medición de la Atenuación Auditiva Real de un Protector Auditivo y la Atenuación Física de Protectores de Copas." Se debe usar el método por ajuste hecho por el experimentador; esto es: el experimentador (no el sujeto del ensayo) debe ajustar el protector auditivo a la cabeza o dentro del oído de cada uno de los sujetos del ensayo para cada ensayo de oclusión. La atenuación media y las desviaciones estándar se calculan conforme a la norma. El NRR se computa entonces a partir de las atenuaciones medias y las desviaciones estándar, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{NRR} = 107,9 \text{ dBC} - 10 \log \sum_{f=125}^{8000} 10^{0,1(L_{Af} - APV_{f98})} - 3 \text{ dB.}$$

Donde L_{Af} es el nivel ponderado en "A" de la banda de octavas a una frecuencia "f" de un espectro de ruido rosa con un nivel general de 107.9 dBC, y APV_{f98} es el valor de la atenuación media menos 2 desviaciones en la frecuencia "f" (2 desvíos estándar es lo que acumula para el 98% de la variancia en una distribución normal).

La ecuación puede ser descompuesta en los pasos mostrados en la tabla de la siguiente página.

El NRR asuma un ruido rosa con niveles en bandas de octava de 100 dB (línea 1).

³ "NIOSH Hearing Protector Device Compendium", NIOSH = National Institute of Occupational Safety and Health, EE.UU., www.cdc.gov/niosh/, Traducido por Oscar Alfredo Rodríguez

Las correcciones a la escala de compensación "C" (línea 2) se restan para computar los niveles por bandas de octava en el oído compensados en "C" (línea 3).

Estos niveles por banda de octava son sumados logarítmicamente para obtener el nivel general en dBC en un oído desprotegido; este valor es el primer término de la ecuación (por ej. 107,9 dBC).

Las correcciones a la escala "A" (línea 4) se restan de los niveles por banda de octava del ruido rosa (línea 1) para computar los niveles por banda de octava compensados en "A" en el oído (línea 5).

Las atenuaciones medias (línea 6) menos dos veces las desviaciones estándar (línea 7) se restan de los niveles por banda de octava compensados en "A", para obtener el nivel por banda de octava compensado en "A" en el oído.

Los niveles por banda de octava compensados en "A" en el oído se suman logarítmicamente para calcular el nivel general protegido en "A". Este es el segundo término de la ecuación. El NRR se obtiene restando 3 dB de la diferencia entre el nivel desprotegido compensado en "C" y el nivel protegido compensado en "A".

Uso del NRR:

La Enmienda de Conservación de la Audición hecha a la Norma de Ruido Ocupacional (OSHA, 1983) describe seis métodos para usar el NRR para determinar una exposición al ruido ponderado en "A" de un trabajador protegido. Estos métodos varían según la instrumentación y los parámetros usados para determinar los niveles de ruido sin protección. Sin embargo, ellos pueden ser resumidos en dos fórmulas básicas, dependiendo si los niveles de exposición sin protección fueron medidos en escala de ponderación "C" o "A".

Para mediciones ponderadas en "C":

$$\text{Protegido dBA} = \text{Desprotegido dBC} - \text{NRR}$$

Donde los valores "protegido dBA" y "desprotegido dBC" son promedios ponderados en el tiempo para 8 horas, determinados conforme a la Norma de Ruido Ocupacional. El NRR fue desarrollado para ser usado con este método. Por ejemplo, si un protector tiene un NRR de 17 dB y es usado en un ambiente con nivel sonoro de 95 dBC, el nivel sonoro ingresando al oído podría estimarse que será de 78 dBA [95 - 17 = 78] o inferior, en el 98% de los casos si el protector es usado conforme a las especificaciones del fabricante.

Para mediciones ponderadas en "A":

$$\text{Protegido dBA} = \text{Desprotegido dBA} - [\text{NRR} - 7]$$

Donde, nuevamente, los valores “protegido y desprotegido dBA” son promedios ponderados en el tiempo para 8 horas, determinados conforme a la Norma de Ruido Ocupacional. Este método tiene una adaptación para aquellos instrumentos que no tienen posibilidad de medir en escala “C”. La corrección de 7 dB se usa para contemplar demérito del énfasis de la energía de baja frecuencia que es propio de la escala de compensación “A”. Así, por ejemplo, si un protector tiene un NRR de 17 dB y es usado en un ambiente con nivel sonoro de 95 dBA, el nivel sonoro ingresando al oído podría estimarse que será de 85 dBA [95 - (17 - 7) =85] o inferior, en el 98% de los casos.

NIOSH recomienda degradar el NRR por un factor de 75% para auriculares, 50% para insertables de espuma de recuperación lenta y para insertables a medida, y 30% para todos los demás insertables. Este esquema de degradación variable considera el desempeño en el mundo real de casi todos los diferentes tipos de protectores auditivos (NIOSH, 1998). También, el esquema de degradación de NIOSH no afecta la corrección de 7 dB, que se aplica sólo al NRR, degradado o no.

Método para Calcular y Usar el NRR(SF)

(Subject-Fit Noise Reduction Rating = Grado de Reducción del Ruido Ajustado por el Sujeto)

El Grado de Reducción del Ruido Ajustado por el Sujeto, NRR(SF), es un método de graduación por número simple que describe la atenuación real en oído en las mediciones del umbral obtenidas conforme a la norma ANSI S12.6-1997, Método para Medir la Atenuación Real en Oído de Protectores Auditivos, método B. El NRR(SF) fue desarrollado por la Fuerza de Tareas de la Asociación Nacional (EE.UU.) para la Conservación de la Audición, dirigido al etiquetado de elementos relacionados (1995). El método NRR(SF) deriva del NRR presentado arriba y del método Single-Number Rating (SNR) diseñado para un desempeño de protección del 84% (EPA, 1979; ISO, 1992). En principio, el método de graduación examina la reducción de ruido alcanzada por un protector auditivo, pero hay diferencias menores que separan los métodos. Como el NRR, el NRR(SF) usa un ruido rosa de 100 dB SPL en las bandas de octava.

Como el SNR, el NRR(SF) incluye en su cálculo las frecuencias de bandas de octava entre 63 y 8000 Hz, mientras que el NRR sólo incluye las frecuencias entre 125 y 8000 Hz.

Cálculo del NRR(SF):

El NRR(SF) se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{NRR(SF)} = 108,5 \text{ dBC} - 10 \log \sum_{f=63}^{8000} 10^{0,1(L_{Af} - APV_{f84})} - 5 \text{ dB}$$

Donde L_{Af} es el nivel por banda de octava en la frecuencia "f" del espectro de un ruido rosa con un nivel general de 108,5 dBC, y APV_{f84} es el valor de la atenuación media menos un desvío estándar en la frecuencia "f" (una desviación estándar representa el 84% de la variancia en una distribución normal).

Los niveles de ruido ponderados en "C" se determinan restando a los 100 dB las correcciones de compensación en "C" para cada frecuencia de las bandas de octava (línea 1). La suma logarítmica de los niveles de ruido ponderados en "C" es 108,5 dBC. De igual modo, los L_{Af} (línea 3) se determinan corrigiendo los niveles de ruido de 100 dB de la banda de octavas con las correcciones de compensación "A" para cada frecuencia "f" (línea 4). Los valores de la APV_{f84} se determinan restando una desviación estándar (línea 7) de la atenuación media medida para la banda de ruido centrada en la frecuencia "f" (línea 6). Los 5 dB que se restan al final del cálculo son representativos de la diferencia entre el ruido industrial ponderado en "C" y en "A" (Miller, 1995). Para compensar la diferencia en el cálculo, el NRR(SF) puede ser restado directamente del ruido compensado en "A", para estimar el nivel sonoro bajo el protector. Cuando no se cuenta con datos en 63 Hz, se puede usar el dato en 125 Hz en el primer lugar; por ejemplo, usar los datos que corresponden a 125 Hz dos veces.

Uso del NRR(SF):

El NRR(SF) persigue el propósito de ser usado con exposiciones a ruido ponderado en escala "A". Por lo tanto, para obtener la exposición protegida, el NRR(SF) se resta directamente al valor de la exposición medida en escala de compensación "A":

$$\text{Protegido en dBA} = \text{Desprotegido dBA} - \text{NRR(SF)}$$

Si se usa una exposición a ruido ponderada en escala "C", se hace un ajuste de 5 dB para tener en cuenta las diferencias entre los niveles en "A" y en "C" (lo cual efectivamente deshace la corrección de 5 dB de la línea 12 de la tabla siguiente):

$$\text{Protegido dBA} = \text{Desprotegido dBC} - 5 \text{ dB} - \text{NRR(SF)}$$

Si se usan exposiciones de ruido por bandas de octava, la mejor aproximación es aplicar las correcciones de compensación "A" y sumarlos logarítmicamente, para obtener el nivel de exposición a emplear con el NRR(SF).

Disponibilidad del NRR(SF):

La adopción de la ANSI S12.6-1997 como norma que reemplazó a la ANSI S3.19-1974 no cambió los requisitos regulatorios de que todos los protectores auditivos vendidos en EE.UU. sean etiquetados con el NRR y que este valor sea obtenido mediante ensayo conforme a la ANSI S3.19-1974.

Después que se adoptó la ANSI S12.6-1997, muchos fabricantes de protectores comenzaron a ensayar sus productos conforme al Método B, de ajuste por el sujeto de ensayo. A medida que los fabricantes vayan remitiéndose a los datos obtenidos por el Método B, el compendio mostrará ambos juegos de datos: el NRR(SF) y el NRR. No obstante, cuando se lleve a cabo una búsqueda de protectores auditivos, se usarán los datos obtenidos por el Método B.

En ausencia de datos del Método B, NIOSH recomienda degradar el NRR usando los esquemas de degradación descritos en Cálculo del NRR.

NIOSH sugiere que los consumidores contacten a los fabricantes para solicitar el NRR(SF) de cualquier protector que estén considerando adquirir o recomendar.

Ejemplo de Aplicación Práctica

Supongamos que se desea determinar la aptitud del protector auditivo Insertable, de Espuma autoexpansible, de espuma de recuperación lenta, marca 3M, modelo 1100 para asignarlo al Operador de una Moldurera marca Weinig, con un Grado de Protección $x = 98\%$

Los datos de atenuación suministrados por el fabricante son los siguientes:

Curva de atenuación obtenida s/ IRAM 4060-1

	Frecuencia "f _(k) " (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación Media (dB)	25,7	31,1	33,2	36,6	38,8	41,2	37,6
Desvío Std. (dB)	3,1	3	2,8	2,6	3,2	3,1	3

Curva de atenuación obtenida s/ ANSI S3.19-1974

	Frecuencia "f _(k) " (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación Media (dB)	35,0	38,0	37,2	36,7	35,8	40,7	42,5
Desvío Std. (dB)	4,7	4,4	3,7	3,4	2,6	4,1	4,7

NRR = 29

Cálculo por el método de Bandas de Octava s/IRAM 4060-2

Para Grado de Protección $\alpha = 98\%$ corresponde usar $\alpha = 2,00$ y el desarrollo de los cálculos correspondientes resulta como se muestra en la siguiente tabla:

	Frecuencia " $f_{(k)}$ " (Hz)							Log Sum (dB)
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Nivel Sonoro (dBC) " $L_{f(k)}$ "	84,0	85,0	96,0	104,0	106,0	101,0	96,0	109,3
Compensación " $A_{f(k)}$ "	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
NS Corregido (dBA) " $L_{A(k)}$ "	68	76	93	104	107	102	95	109,9
Atenuación Media (dB) " m_f "	25,7	31,1	33,2	36,6	38,8	41,2	37,6	
Desvío Std. (dB) " s_f "	3,1	3	2,8	2,6	3,2	3,1	3	
Desvío asumido (dB) " $\alpha \cdot s_f$ "	6,2	6	5,6	5,2	6,4	6,2	6	
Val Protec Sup. " $APV_{f 98}$ "	19,5	25,1	27,6	31,4	32,4	35	31,6	
Nivel Efectivo " $L'_{A(k)}$ "	48,4	51,3	65,2	72,6	74,8	67,0	63,3	
Nivel efectivo al usar el protector auditivo " L'_{A98} "								78
Reducción del Nivel Sonoro Pronosticada " PNR_{98} " REDONDEADO								31

Conclusión del Cálculo: siendo que el nivel sonoro pronosticado que resultaría aplicado al oído usando el protector evaluado resulta menor que los 85 dBA aceptables para una exposición de 8 horas diarias o 48 semanales, el protector evaluado **resulta APTO** para el puesto de trabajo considerado.

Cálculo usando el NRR = 29

$$\text{Desprotegido dBA} - [\text{NRR} - 7] = \text{Protegido dBA}$$

$$109,3 \text{ dBA} - [29 - 7] = 109,3 - 22 = \mathbf{87,3 \text{ dBA}}$$

Aplicando el criterio de degradación del 50% del NRR recomendado por NIOSH, resulta:

$$109,3 \text{ dBA} - [14,5 - 7] = 109,3 - 7,5 = \mathbf{101,8 \text{ dBA}}$$

Conclusión del Cálculo: el nivel sonoro pronosticado para el oído protegido con el protector evaluado resulta mayor que 85 dBA, por lo tanto el protector **NO es APTO** para ser usado en las condiciones consideradas.

Conclusiones

Queda demostrado que las estimaciones de protección supuesta para un mismo protector auditivo en un mismo ambiente ruidoso dan resultados completamente opuestos, por lo que no pueden usarse indistintamente.

Súmese a ello que en la actualidad los fabricantes de los protectores auditivos que se comercializan en nuestro país no suministran los datos de atenuación obtenidos mediante el método establecido en la norma IRAM 4060-1, por lo que no es posible aplicarlo tal como debería hacerse según la Superintendencia de Riesgos del Trabajo. Más aún, algunos fabricantes mencionan en su folletería que el NRR -obtenido después de ensayar el protector conforme a la norma ANSI S3.19-1974- debe restarse directamente al nivel sonoro medido, sin mencionar la depreciación previa de los 7 dB que establece NIOSH.

Comentarios Finales

Los profesionales de la Higiene y Seguridad en el Trabajo, que tenemos la responsabilidad de evaluar esta aptitud y asesorar a los Empleadores, estamos expuestos a recomendar protectores auditivos que no cumplan su función con la eficacia que se espera de ellos, sufriendo los Trabajadores en su integridad física las consecuencias de tal error, y los Empleadores y las ART por las indemnizaciones y otras demandas que pudieran derivarse. Consecuentemente, quedamos también expuestos a acciones legales por mala praxis o mal desempeño profesional, rayano en lo doloso.

En mi opinión, siendo que reducir de 90 a 85 dB el límite de exposición equivale a disminuir la potencia sonora a casi la tercera parte, no deberíamos menospreciar el valor de estos elementos de protección personal, por cuanto las medidas de ingeniería para reducir o aislar el ruido en la fuente constituye una tarea difícil, costosa y de una exactitud de resultados poco previsible al momento de calcularlas y diseñarlas.

El Anexo I del Decreto 351/79 -aún vigente- establece: **“Artículo 91. — Cuando se usen protectores auditivos y a efectos de computar el nivel sonoro continuo equivalente resultante, al nivel sonoro medido en el lugar de trabajo se le restará la atenuación debida al protector utilizado, siguiendo el procedimiento indicado en el Anexo V”**. El Anexo V del Decreto 351/79 fue reemplazado por el Anexo V de la Resolución MTESS 295/2003, donde este procedimiento ya no se menciona; por lo tanto actualmente no hay un procedimiento taxativamente establecido por el Estado Nacional.

El mismo Artículo 91 también menciona que **“La atenuación de dichos equipos deberá ser certificada por organismos oficiales”**. Este requisito -siendo que el método bajo el cual deben ensayarse es el indicado en IRAM 4060 Parte 1- no se está cumpliendo en la mayoría de los protectores actualmente comercializados en el país.

Las Aseguradoras de Riesgos del Trabajo -en resguardo de su patrimonio y salvaguarda de sus responsabilidades- deberían estar exigiendo a sus empleadores afiliados que demuestren la eficacia presunta de los protectores auditivos suministrados a los trabajadores, determinada mediante método reconocido oficialmente.

Corolario

En opinión del autor, sería de gran utilidad que la Autoridad de Aplicación indique con claridad, mediante normativa explícita, el método obligatorio establecido por el Estado para evaluar la protección auditiva, y exija a quienes fabriquen o importen estos elementos que suministren la información necesaria para que se pueda aplicar el método determinado, tal como lo hacía el Anexo V del Decreto 351/79, de modo semejante a lo hecho recientemente mediante la Resolución 953/2010 con relación a los espacios confinados.

Bibliografía Consultada

- * Decreto PEN 351/79, Anexo I, Artículos 85 al 94 inclusive
- * Resolución MTESS 295/03, Anexo V
- * NORMA IRAM 4079:2006 - Niveles máximos admisibles en ámbitos laborales para evitar deterioro auditivo.
- * NORMA IRAM 4060-1 - Acústica - Protectores auditivos.
- * NORMA IRAM 4074-1:1988 - Medidor de nivel sonoro. Condiciones generales. Compensaciones A, B y C.
- * NORMA IRAM 4081:1977 - Filtros de banda de octava, de semioctava y de tercios de octava empleados en el análisis de ruidos y de vibraciones.
- * NORMA IRAM 4060-2:1996 - Acústica. Protectores auditivos.
- * NIOSH Hearing Protector Device Compendium - www.cdc.gov/niosh/