



# PERCEPCIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA PÉRDIDA AUDITIVA INDUCIDA POR RUIDO. ESTADO DEL ARTE Y DISEÑO DE HERRAMIENTAS INTERACTIVAS PARA FORMACIÓN Y CONCIENCIACIÓN

I. Pavón<sup>1</sup>, L. Gascó<sup>1</sup>, J. E. González<sup>2</sup>, J. Sánchez-Guerrero<sup>2</sup>, L. Sigcha<sup>2</sup>, D. M. Buitrago<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada (i2a2). ETSI Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006. Madrid, España. [ignacio.pavon@upm.es](mailto:ignacio.pavon@upm.es)

<sup>2</sup> Máster Universitario en Ingeniería Acústica en la Industria y el Transporte. Alumno. ETSI Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006. Madrid, España.

<sup>3</sup> Facultad de Ingenierías. Univ. San Buenaventura. Sede Medellín. San Benito: Carrera 56C N° 51-110.

## Resumen

La exposición al ruido en el puesto de trabajo y la pérdida auditiva inducida por ruido se encuentran estrechamente relacionadas con las actitudes que tienen de los trabajadores sobre el uso de los dispositivos de protección auditiva. En estudios previos se ha demostrado que los trabajadores son reacios a su utilización por diferentes motivos: desconocimiento de los efectos que produce el ruido sobre la salud auditiva, dificultades para utilizarlos de forma correcta, incomodidad, etc. Con el objetivo de mejorar las actitudes de los trabajadores ante el uso de dispositivos de protección auditiva se llevó a cabo un estudio bibliográfico sobre los factores que influyen en la conducta de los trabajadores ante el uso de protectores auditivos, así como su conocimiento sobre los riesgos asociados. Una vez analizados los antecedentes y las actuales necesidades, se desarrollaron herramientas interactivas de fácil utilización para mejorar la concienciación de los trabajadores sobre este aspecto. Se presenta la revisión bibliográfica sobre el uso de protectores auditivos, un análisis de los diferentes enfoques comúnmente utilizados para formación y concienciación de trabajadores sobre los riesgos derivados de la pérdida auditiva inducida por ruido y finalmente las herramientas desarrolladas como propuesta para mejorar la percepción de dicho riesgo entre los trabajadores.

**Palabras-clave:** Exposición al ruido en el puesto de trabajo, percepción del riesgo.

## Abstract

Noise exposure in the workplace and noise-induced hearing loss are closely related to the workers attitudes on the use of hearing protection devices (HPDs). In previous researches it has shown that workers are reluctant to use HPDs for different reasons: lack of knowledge of the effects that noise on hearing health, difficulties to use correctly, etc. With the aim of improving workers' attitudes to the use of hearing protection devices a literature study on the factors that influence the behavior of workers to use HPDs, as well as their knowledge of the risks associated was done. An analysis of the different approaches commonly used for training and awareness of workers about the risks from noise-induced hearing loss and tools is presented. Some tools developed to improve the perception of this risk among workers are also shown.

**Keywords:** Noise exposure in the workplace, risk perception.

**PACS no.** 43.50, 43.66.



## 1 Introducción

La pérdida auditiva inducida por ruido constituye un importante problema de salud pública. La exposición al ruido en el puesto de trabajo provoca efectos directos y bien conocidos como puede ser la hipoacusia por exposición al ruido, pero también efectos indirectos y de difícil determinación con los actuales sistemas de evaluación, como pueden ser la pérdida de concentración y productividad y el incremento de la siniestralidad laboral al no percibirse alarmas y señales de advertencia [1].

Las personas que trabajan en entornos ruidosos, y por ende, sufren exposición a niveles de ruido elevado, suelen tender a subestimar el riesgo que representa el ruido para su salud auditiva. Aunque en numerosas situaciones el uso de protección auditiva es obligatorio, muchos trabajadores son reacios a su utilización, argumentando incomodidad u otras causas [2].

Una de las medidas que históricamente mayor eficacia ha demostrado es la implementación de programas de conservación de la audición, también conocidos como programas de conservación de la salud auditiva. Dichos programas son conocidos con esta terminología en Estados Unidos. Los requisitos mínimos de los que consta un programa de conservación de la audición son [3]:

1. Etapa de monitoreo y registro de la exposición al ruido de los trabajadores.
2. Notificación a los trabajadores de la exposición al ruido.
3. Proporcionar protectores auditivos adecuados.
4. Proporcionar instrucciones sobre el ajuste y la utilización de los protectores auditivos.
5. Proporcionar formación con respecto a los efectos del ruido mediante programas de formación auditiva para los empleados, incluyendo el acceso a materiales formativos e informativos.
6. Proporcionar a los empleados los resultados de las pruebas audiométricas periódicas e información sobre el significado de dichas pruebas.

La Unión Europea aborda cada uno de los anteriores epígrafes a lo largo de texto de la Directiva 2003/10/CE [4], aunque desde una perspectiva algo distinta. Por ejemplo, la etapa de evaluación de la exposición al ruido en el puesto de trabajo se recoge en el artículo 4.1 sobre determinación de riesgos, donde se hace alusión a la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores. En el artículo 4.4 se contempla la conservación de los registros. La notificación de la exposición al ruido de los empleados se contempla en el artículo 8, apartado d).

La parte en la que mayores diferencias existen es en lo relativo a los protectores auditivos. En los programas de conservación de la audición, los protectores auditivos forman parte fundamental de las soluciones del programa, ya que 2 de sus 6 puntos basculan entono a la protección auditiva. Por contra, en la UE, las medidas de protección colectiva tienen prioridad sobre las medidas de protección individual, considerándose el uso de los protectores auditivos como la última de las opciones a las que recurrir en caso de no existir otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido.

La Directiva 2003/10/CE recoge en el artículo 6 el uso de los protectores auditivos y en el artículo 8 la formación e información que ha de proporcionarse al trabajador sobre el uso de los protectores auditivos y sobre otros aspectos como naturaleza de los riesgos por exposición al ruido, medidas llevadas a cabo en el lugar de trabajo para reducir dichos riesgos, resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido, uso correcto de los protectores auditivos; cómo detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva, etc.

Finalmente, en el artículo 10 se prevé cómo debe realizarse el control audiométrico preventivo.

Como puede observarse, tanto en los programas de conservación de la audición, como en las acciones a desarrollar en el marco de la Directiva 2003/10/CE, se resalta la **necesidad de formación e información** a los empleados, tanto de los riesgos, como de las diferentes medidas de control de ruido, la vigilancia de la salud individual, el uso correcto de los protectores auditivos y las prácticas de trabajo seguras.

## 2 Percepción del riesgo de pérdida auditiva por exposición al ruido y actitudes de los trabajadores.

La exposición al ruido laboral es un riesgo muy presente en los lugares de trabajo, por lo que existen muchas actitudes y hábitos que se encuentran profundamente arraigados entre los trabajadores expuestos. Para minimizar el riesgo de pérdida auditiva entre los trabajadores es sumamente importante conocer su actitud ante la protección auditiva, la percepción del riesgo y comportamiento.

En 1975 Nola Pender publicó “*A conceptual model for preventive health behavior*”, sentando las bases del estudio del modo en que los individuos toman decisiones sobre el cuidado de su propia salud, identificando los factores que influyen en la toma de decisiones y las acciones de los individuos para prevenir enfermedades [5].

Las actualizaciones del Modelo de Promoción de la Salud proponen que, modificando diversos factores sociológicos, personales o sociales, se es capaz de influir en factores cognitivos como pueden ser la auto-eficacia percibida. El Modelo de Promoción de la Salud de Pender (Figura 1) ha sido adaptado a distintos ámbitos, como por ejemplo al uso de protección auditiva (Figura 2).

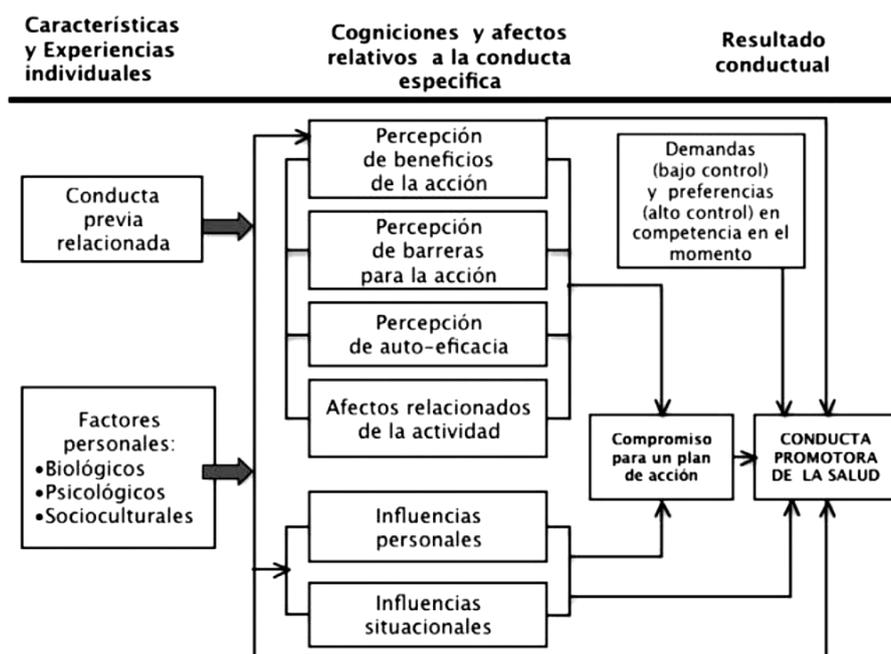


Figura 1 – El Modelo de Promoción de la Salud de Pender [6].

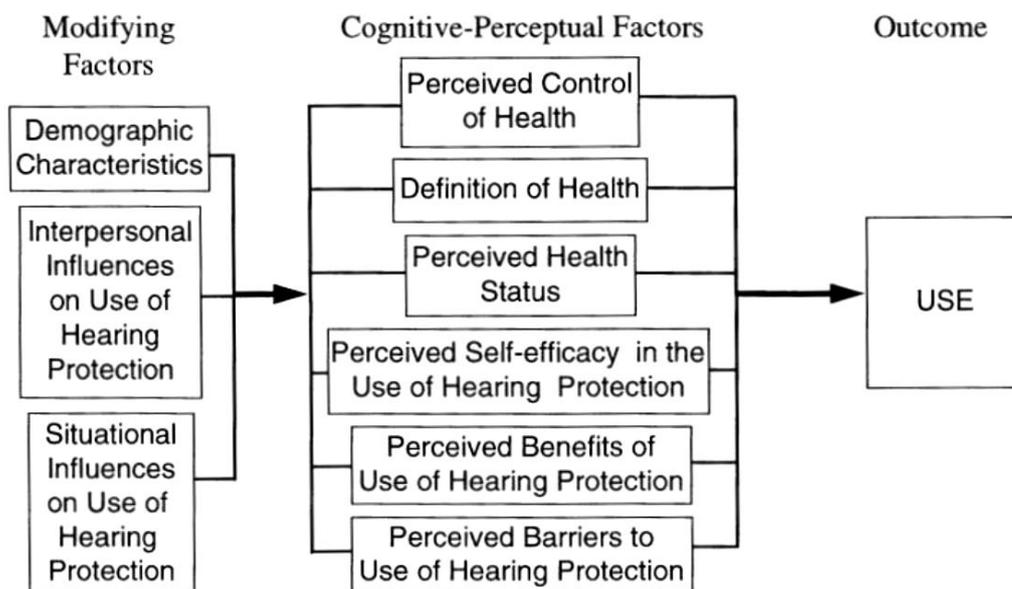


Figura 2 – El Modelo de Promoción de la Salud de Pender adaptado al uso de protección auditiva [7].

Varios trabajos han utilizado el Modelo de Promoción de la Salud [5] para predecir conductas que favorecen la promoción de la salud individual, y explicar la modificación de comportamientos relacionados específicamente con el uso de protectores auditivos. En 1995 Lusk [8] realizó un estudio para identificar qué factores influyen en la tasa de uso de los protectores auditivos. Basándose en un cuestionario de autoevaluación realizado a trabajadores expuestos a ruido, identificó que los factores que influían en mayor medida en el uso de los protectores auditivos eran los siguientes:

- La percepción de control de la propia salud.
- La auto-eficacia de la protección.
- Las ventajas percibidas del uso de los protectores auditivos.
- Las barreras y dificultades percibidas para el uso de la protección auditiva.

Similares resultados se encontraron en el trabajo realizado por Arezes en 2005 [9], donde se identificó la auto-eficacia como el principal predictor del uso de la protección auditiva. La mejora del uso de protección auditiva en entornos industriales es dependiente de mejoras en la percepción del riesgo por parte de los trabajadores y en la eliminación de barreras y obstáculos.

La percepción del riesgo individual se ha identificado como un indicador fundamental de la conducta de riesgo [10 y 11], por tanto el riesgo percibido por los trabajadores expuestos al ruido es un punto importante en el que poder desarrollar estrategias de mejora.

En 2001 se llevó a cabo en Reino Unido un estudio [12] en el que se involucró a 280 trabajadores de 18 empresas de distintos sectores. Inicialmente se realizó una encuesta a los trabajadores para conocer su percepción del riesgo y su actitud y el comportamiento relacionado con la protección auditiva. Posteriormente se acometieron diferentes acciones en cuatro empresas seleccionadas. Las acciones se diseñaron específicamente para cada empresa, incluyendo todos los aspectos típicos de un programa de conservación de la audición [3]. Posteriormente, se realizó otra encuesta y se observó una mejora del conocimiento y percepción del riesgo y un incremento de la tasa de uso de protección auditiva. Una de las principales conclusiones es que la metodología llevada a cabo tradicionalmente en las empresas para formar e informar sobre el ruido laboral no resultaba demasiado eficiente:



- Solamente el 27% de los empleados de nueva incorporación recordaban haber sido formados sobre conservación de la audición.
- Cuando se utilizaban pósteres informativos, solamente el 46% de los empleados lo recordaba.
- En aquellos casos en los que se utilizaban folletos informativos, únicamente el 39% reconocía haber sido informado.

A pesar de que el 100% de los trabajadores había sido formados en el uso de protección auditiva, dos tercios de los trabajadores no recordaban haber sido entrenados y únicamente uno de cada cinco recordaba haber sido informado sobre las limitaciones de la efectividad de los protectores.

En el caso de las audiometrías, el 83% reconocían haber sido sometidos a pruebas audiológicas y haber recibido los resultados. Los empleadores identifican que el momento más adecuado para recibir la formación es coincidiendo con el test audiométrico periódico, debido a que el trabajador tiene una mayor facilidad para relacionar el riesgo y su efecto sobre la salud auditiva desde un punto de vista individual y personal.

Sobre la utilización de los protectores auditivos, se detectó que existía una mayor tasa de uso en aquellas situaciones donde:

- Los trabajadores entienden los efectos fisiológicos de la exposición al ruido.
- Los niveles de ruido son más elevados.
- Los niveles de ruido son constantes (no existe fluctuación de niveles).
- Cuando el trabajo o la tarea es rutinaria.
- Donde la empresa demuestra un compromiso con la conservación auditiva.
- Donde existe apoyo por parte de los compañeros.

La principal conclusión de este estudio es que aquellos trabajadores que cuentan con mayor formación y concienciación son capaces de identificar los riesgos y tomar acciones para minimizarlos.

El uso de los protectores auditivos es un factor que depende de la percepción del riesgo por parte del trabajador o individuo, o en otras palabras de la capacidad que éste tenga para identificar si una determinada situación o exposición constituye un riesgo para su salud. La identificación de estas situaciones y la exposición al ruido en estos ambientes dependen de diferentes factores como pueden ser el nivel educativo, la edad, la experiencia laboral, etc. [13].

En 2014, P. Górsky publicó un artículo donde se muestra la utilidad de una herramienta interactiva en programas de conservación de la audición. Este trabajo propone la utilización de una herramienta para el entrenamiento en el uso de protectores auditivos con el objetivo de mejorar la eficacia de su uso, además de servir como herramienta de supervisión para evaluar la modificación en la percepción del riesgo y su actitud [14].

Otros trabajos recientes muestran diferentes iniciativas basadas en el diseño de aplicaciones para dispositivos móviles relacionadas con el diagnóstico de pérdidas auditivas. Un ejemplo de ello es el desarrollo de aplicación con formato de juego interactivo para realizar audiometrías a niños [15], enfoque perfectamente transferible a la formación e información de trabajadores sobre ruido laboral.

### 3 Diseño de herramientas interactivas para formación y concienciación sobre el riesgo de pérdida auditiva.

En base a las anteriores evidencias, se ha identificado la necesidad de desarrollar herramientas interactivas de formación para trabajadores y profesionales en riesgos laborales, que proporcionen al usuario una idea realista de la estimación de pérdida auditiva producida por el ruido en el ambiente laboral, utilizando las variables de pérdida auditiva del trabajador y pérdida por inserción de los protectores auditivos.

Las iniciativas sobre formación e información que de manera más prolífica se han llevado a cabo hasta el momento han sido las siguientes [2]:

- Jornadas formativas, fundamentalmente para supervisores o técnicos en prevención.
- Sesiones informativas, fundamentalmente para trabajadores.
- Vídeos formativos [16].
- Pósteres [17].
- Guías formativas [18].
- Software de simulación de pérdida auditiva [19, 20, 21 y 22].

Cada vez más se tiende a la utilización de metodologías basadas en herramientas participativas que permitan experimentar y “sentir” las implicaciones de una determinada exposición.

Con la finalidad de dotar a los trabajadores de herramientas que permitan formar e informar de los riesgos con rigor, pero a la vez de una forma amena y participativa, se han diseñado algunas aplicaciones con diferentes usos.

En 2014 se diseñó una herramienta para determinar la audibilidad de señales de alarma [23]. Dicha aplicación tiene como objetivo la formación de técnicos en prevención de riesgos laborales para ayudar en la toma de decisiones sobre qué protector auditivo debe utilizarse en cada caso. (Figura 3). El software permite evaluar la necesidad de protección auditiva en función del nivel de ruido existente, del nivel de ruido de señales de alarma (que debe ser percibida), del protector auditivo utilizado y de la pérdida auditiva actual del trabajador.

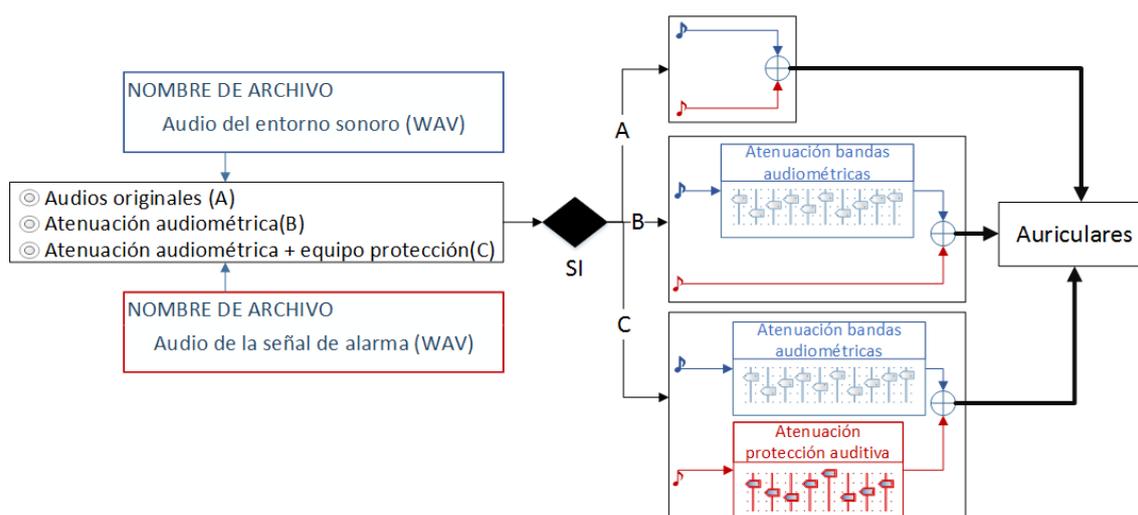


Figura 3 Diagrama de bloques simplificado del software “Audibilidad de señales de emergencia” [23].

En 2015 se desarrolló el software CEP para la formación de los trabajadores en el uso de protección auditiva. La herramienta realiza una estimación de la pérdida auditiva inducida por la exposición al ruido (hipoacusia inducida por ruido), por la edad (presbiacusia) y tiene en cuenta la protección auditiva. Permite cargar archivos de audio y escuchar cómo se percibiría un determinado sonido modificando la pérdida auditiva inducida por ruido y por edad, y sumando la atenuación que proporcionan los protectores auditivos [2]. (Figuras 4 y 5).

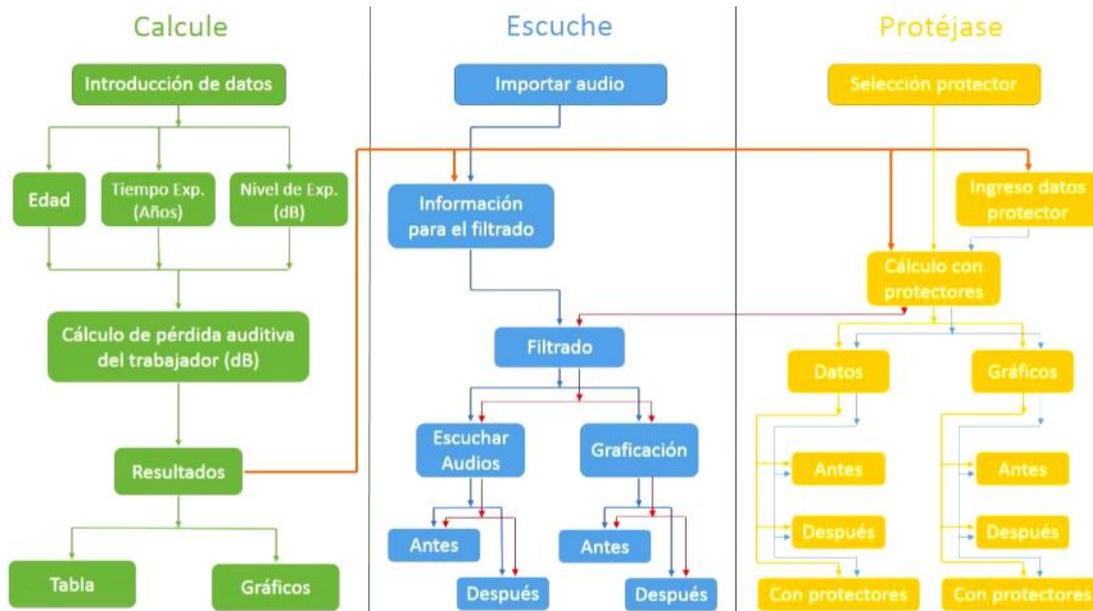


Figura 4 – Diagrama de bloques simplificado del software CEP [2].



Figura 5 – Aspecto del software “CEP” [2].



## 4 Conclusiones:

A partir de una revisión de la literatura publicada hasta el momento, se ha identificado y constatado que algunas de las estrategias formación e información que se realizan sobre ruido laboral, protección auditiva y riesgo de pérdida de audición, no están siendo efectivas. Aunque la formación y la información son aspectos claves en los Programas de Conservación de la Audición y están contemplados en la Directiva 2003/10/CE, en general no se cumplen los objetivos y existe aún margen de mejora.

Específicamente:

- Se ha constatado, mediante revisión bibliográfica, que los trabajadores y técnicos en prevención de riesgos laborales no son realmente conscientes de las consecuencias para la salud y para la seguridad de la exposición al ruido laboral.

- Las metodologías para formar, informar y concienciar sobre la exposición al ruido laboral y los riesgos asociados son mejorables, ya que se transmite demasiada información a los trabajadores pero los medios y metodología no están siendo efectivas.

Se propone formar a los trabajadores, empleadores y técnicos en prevención de riesgos laborales utilizando herramientas interactivas, donde puedan simular (y percibir) cómo escucharían a futuro en función de unas determinadas condiciones de exposición y/o uso de protección auditiva.

Hasta el momento se han desarrollado dos aplicaciones, una de ellas destinada a la formación de técnicos en prevención de riesgos laborales para evaluar la necesidad de protección auditiva en función del nivel de ruido existente, del nivel de ruido de señales de alarma (que debe ser percibida), del protector auditivo utilizado y de la pérdida auditiva del trabajador, y otra para la formación de los trabajadores en el uso de protección auditiva, que permite escuchar cómo se percibiría un determinado sonido modificando la pérdida auditiva inducida por ruido y por edad y añadir la atenuación que proporcionan los protectores auditivos.

Las futuras líneas de trabajo se basarán en utilizar este tipo de herramientas para valorar si mediante su utilización se produce una mejora en el conocimiento del riesgo y si esto provoca en los trabajadores efectos positivos sobre el comportamiento y actitud ante el ruido laboral, incrementándose el uso de protección auditiva.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado dentro de la asignatura “*Ruido Industrial y Laboral*” del **Máster Universitario en Ingeniería Acústica en la Industria y el Transporte** de la Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.i2a2.upm.es/masteracustica/>

Las herramientas aquí mostradas son el resultado de trabajos realizados por los alumnos en el seno de la asignatura y en dos trabajos fin de máster.

La financiación necesaria para elaborar esta comunicación ha sido aportada por el **Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada (i2a2)** de la Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.i2a2.upm.es/>



## Referencias

- [1] Pavón, I. Nuevas tecnologías para la valoración de la exposición al ruido ocupacional. Webminar. Confederación Española de Organizaciones Empresariales. CEOE. Disponible en: <http://prl.ceoe.es/es/contenido/webinar-nuevas-tecnologias-para-la-valoracion-de-la-exposicion-al-ruido-ocupacional>
- [2] D. Buitrago. Predicción de pérdida auditiva, como herramienta para la formación de trabajadores y profesionales en riesgos laborales, basado en las normas ISO 1999, ISO 4869 e ISO 9612. Trabajo fin de máster. Máster universitario en ingeniería acústica para la industria y el transporte. Universidad Politécnica de Madrid. 2015.
- [3] Michael C. McReynolds. Noise-induced hearing loss. *Air Medical Journal*. March–April, 2005. Volume 24, Issue 2, Pages 73–78
- [4] DIRECTIVA 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).
- [5] Pender, N. J. (1975). A conceptual model for preventive health behavior. *Nursing Outlook*, 23(6), 385-390.
- [6] G. P. Aristizábal, D. M. Blanco, A. Sánchez, R. M. Ostiguín. El modelo de promoción de la salud de Nola Pender. Una reflexión en torno a su comprensión. *Enfermería Universitaria ENEO-UNAM*. Vol 8. Año 8. No. 4. Octubre-Diciembre, 2011.
- [7] S. L. Lusk, D. L. Ronis, M. M. Hogan. Test of the Health Promotion Model as a Causal Model of Construction Workers'. *Use of Hearing Protection Research in Nursing & Health*, 1997, 20, 183–194.
- [8] Lusk, Sally Lechlitner, Ronis, David L. and Kerr, Madeleine J. “Predictors of Hearing Protection Use among Workers: Implications for Training Programs”, *Humam factors*. 1995. Vol. 37, no. 3, p. 635-640.
- [9] P. M. Arezes, M. A. Sergio “Hearing protection use in industry: The role of risk perception” *Safety Science*. 2005. Vol. 43, no. 4, p. 253-267.
- [10] Y. Diaz, M. Resnick. “A model to predict employee compliance with employee corporate’s safety regulations factoring risk perception. *Proceedings of the IEA2000/HFES2000 Congress*, vol. 4, pp. 323–326.
- [11] I. Gendon, E. McKenna. “Human Safety and Risk Management” 1995, Chapman & Hall, London.
- [12] G. W. Hughson, R. E. Mulholland & H. A. Cowie. Behavioural studies of people’s attitudes to wearing hearing protection and how these might be changed. *Health and Safety Executive* 2002.
- [13] P. M. Arezes, A. S. Miguel. Does risk recognition affect workers’ hearing protection utilization rate? *International Journal of Industrial Ergonomics*. Volume 36, Issue 12, December 2006, Pages 1037–1043.
- [14] P. Gorski. Model of Interactive System for Training in the Proper Use of Hearing Protection. *Archives of acoustics* Vol. 39, No. 1, pp. 11–15 (2014).



- [15] J. Yeung, S. Heley, Y. Beauregard, S. Champagne, M. Bromwich. Self-administered hearing loss screening using an interactive, tablet play audiometer with ear bud headphones. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2015 Aug;79(8):1248-52
- [16] 3M™ SOLUCIONES AUDITIVAS - ¿Cuál es tu sonido favorito? *Formación en protección auditiva*. [https://youtu.be/ErHGeBKpy\\_Y](https://youtu.be/ErHGeBKpy_Y)
- [17] OMS. "Escuchar sin riesgos!". Día Internacional de la Atención Otológica 2015 - 3 de marzo. <http://www.who.int/topics/deafness/safe-listening/es/>
- [18] CCOO. *El ruido, un daño silencioso Guía práctica*.  
[http://www.fsc.ccoo.es/comunes/recursos/17629/pub12008\\_GUIA\\_SOBRE\\_EL\\_RUIDO\\_EN\\_EL\\_ENTORNO\\_LABORAL.pdf](http://www.fsc.ccoo.es/comunes/recursos/17629/pub12008_GUIA_SOBRE_EL_RUIDO_EN_EL_ENTORNO_LABORAL.pdf)
- [19] NIOSH. Mining Product: *HLSim - NIOSH Hearing Loss Simulator*.  
<http://www.cdc.gov/niosh/mining/works/cover-sheet1820.html>
- [20] Martin Liedtke. *Hearing impairment calculator*. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.  
<http://www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/Noise/Gef%C3%A4hrdungsbeurteilung-L%C3%A4rmmessung-Unterweisung/Software-Berechnung-von-H%C3%B6rschwellenverschiebungen/index.jsp>
- [21] Starkey Hearing Technologies. *What hearing loss sounds like*.  
<http://www.starkey.com/hearing-loss-simulator>
- [22] 3M™. *E-A-RFIT™ validation system*.  
[http://www.3m.com/3M/en\\_US/worker-health-safety-us/safety-equipment/hearing-conservation/hearing-protection-fit-testing/?WT.mc\\_id=www.3m.com/earfit](http://www.3m.com/3M/en_US/worker-health-safety-us/safety-equipment/hearing-conservation/hearing-protection-fit-testing/?WT.mc_id=www.3m.com/earfit)
- [23] L. Gascó. Software “*Audibilidad de Señales de Emergencia*”. Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada.  
<http://www.i2a2.upm.es/quienes-somos/personal/luis-gasco/>