

**ANÁLISIS DE UNA BASE AUDIOMÉTRICA DE POBLACIÓN TRABAJADORA****Alice Elizabeth González<sup>(1)</sup>, Marcos Raúl Lisboa<sup>(1)</sup>**<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería Ambiental – IMFIA - Facultad de Ingeniería - UdelaR**Dirección<sup>(1)</sup>:**Calle: Julio Herrera y Reissig 565  
Tel: 711 5276 int.106Ciudad: Montevideo  
Fax: 711 5277Uruguay CP: 11.300  
e-mail: [elizabet@fing.edu.uy](mailto:elizabet@fing.edu.uy)**RESUMEN**

Pese a que las hipoacusias profesionales han sido largamente reportadas en la bibliografía ya desde la época de Bernardino Ramazzini, y aunque las técnicas de valoración de la pérdida auditiva individual están estandarizadas desde hace mucho tiempo también, son relativamente recientes los abordajes de estos temas con enfoque epidemiológico. El estado del arte hace que se tome como referencia la Norma ISO 1999-90 para trabajar desde ese punto de vista.

En este trabajo se presenta un análisis de deterioro auditivo desde el punto de vista epidemiológico de la población trabajadora de una industria metalúrgica radicada en la ciudad de Montevideo, realizado a partir de una base de fichas audiométricas (138 audiometrías de tonos puros por vía aérea). Se aplica la metodología de la Norma ISO 1999-90 para evaluar el deterioro auditivo de la población bajo estudio. También se infiere un valor que se ha dado en designar como la “peligrosidad acústica” del establecimiento, entendiendo por tal el exceso de deterioro auditivo -con respecto a las pérdidas esperadas por presbiacusia en forma natural y progresiva- asociado con la exposición ocupacional a ruido esperable para la población de trabajo.

**INTRODUCCIÓN**

Pese a que las hipoacusias profesionales han sido largamente reportadas en la bibliografía ya desde la época de Bernardino Ramazzini, y aunque las técnicas de valoración de la pérdida auditiva individual están estandarizadas desde hace ya mucho tiempo, son relativamente recientes los abordajes de estos temas con enfoque epidemiológico. En ese sentido, un avance definitivamente importante lo constituyó la versión de 1990 de la Norma ISO 1999: “*Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*”. Esta versión de la Norma modifica el enfoque conceptual en relación a su versión anterior, al proponer una visión poblacional en vez de individual. Integrando conceptos tales como funciones de densidad de probabilidad e intervalos de confianza, permite prever el deterioro auditivo esperable para distintas fracciones de una población (que la Norma evalúa en porcentajes o percentiles) expuesta a un mismo agente agresor o desempeñándose en un medio con determinados niveles de ruido.

En este trabajo se presenta un análisis de deterioro auditivo desde el punto de vista epidemiológico -no individual, ni clínico- de la población trabajadora de una industria metalúrgica realizado a partir de una base de fichas audiométricas (audiometrías de tonos puros por vía aérea). Se emplea la visión epidemiológica de la Norma ISO 1999-90 para evaluar el deterioro auditivo de las poblaciones bajo estudio. También se infiere un valor que se ha designado como la “peligrosidad acústica” del establecimiento, entendiendo por tal el exceso de deterioro auditivo -con respecto a las pérdidas esperadas por presbiacusia en forma natural y progresiva- asociado con la exposición ocupacional a ruido esperable para la población laboral.

**OBJETIVOS Y METAS**

En este trabajo se presenta una evaluación de la pérdida auditiva que registra una población ocupacionalmente expuesta a ruido (rubro: metalurgia), desde diferentes criterios admisibles de valoración de la pérdida auditiva.

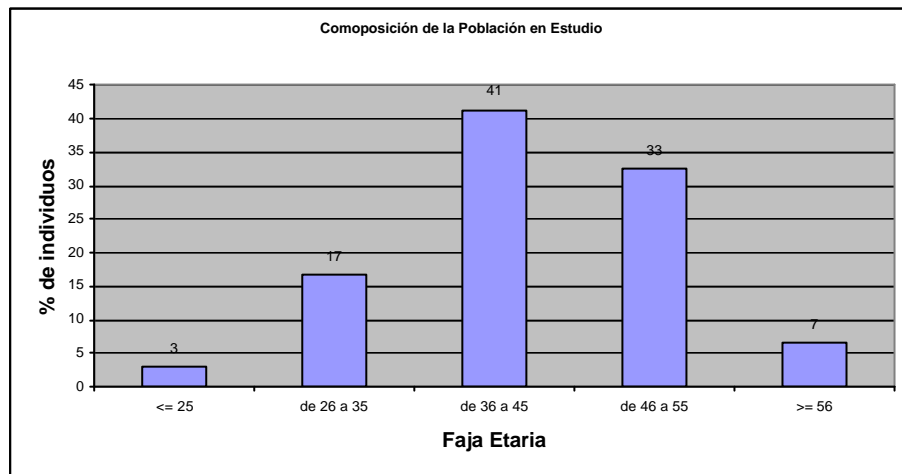
Se muestran los resultados de la aplicación de la metodología de valoración epidemiológica de la Norma ISO 1999-90; de la metodología de la Pérdida Auditiva Media que proponen Lafon & Duclos; y de la peligrosidad acústica de la industria.

### 3.1 Población en estudio

A partir del análisis de 2 conjuntos de 66 y 72 fichas audiométricas disponibles, realizadas en los años 2003 y 2006 respectivamente, integrada por individuos que trabajan en una misma industria metalúrgica, se conformó una única población, la cual será objeto de estudio, de 138 fichas (suma de las dos anteriores) con el fin de aplicar un mejor tratamiento estadístico y así lograr mejores resultados.

Esto pudo llevarse a cabo luego de analizar el comportamiento de las poblaciones de fichas audiométricas con la aplicación de la prueba estadística de Mann-Whitney a partir del cual permitió afirmar que cada una de las 2 poblaciones por separado son equivalentes a la suma de ambas. Además se trabajó con cada uno de los conjuntos de fichas audiométricas citados por separado aplicando todos los pasos que se desarrollan a continuación, observando total compatibilidad de resultados.

La población en estudio es una población de individuos de sexo masculino compuesta por personas de entre 20 y 60 años de edad. El siguiente gráfico muestra la composición por edades de la población en estudio. Se observa un predominio de los individuos de entre 36 y 45 años de edad (41% de la población total) en la industria metalúrgica.



### 3.2 Planteamiento general

La metodología de trabajo de la Norma es aplicable a poblaciones más o menos grandes, de modo que al trabajar con curvas de permanencia los porcentajes de población a que se hacen referencia tengan algún sentido. Para considerar esta restricción, se realizó el análisis considerando simultáneamente todos los sectores de trabajo y clasificando a la población solamente por grupos etarios.

Para cada una de esos grupos se efectuó un análisis comparativo directo con las respectivas pérdidas esperadas por presbiacusia según la Norma ISO 1999-90, aplicando varios de los criterios de valoración de pérdida cuya aplicación propone la citada Norma.

Luego, para poder obtener el máximo de resultados a partir de la información disponible, se trabajó aplicando en forma combinada los conceptos epidemiológicos de la Norma ISO 1999-90 con la propuesta de Lafon & Duclos según la cual la pérdida auditiva de un individuo de cierta edad evaluada con el criterio  $(2000 + 4000)^{1/2}$  permite ser convertida a la pérdida que dicho individuo debió (o deberá, según el caso) tener a los 35 años de edad. Esta pérdida de referencia, que los autores designan como Pérdida Auditiva Media (PAM), se obtiene a través de un ábaco propuesto por ellos.

### 3.3. Estado auditivo de la población trabajadora según Norma ISO 1999-90

La Norma ISO 1999-90 sustituye la predicción del deterioro auditivo que se espera sufra un trabajador de determinada edad, sometido en el ámbito laboral a un cierto valor de nivel sonoro continuo equivalente, por una afirmación del tipo de: “en una población trabajadora de determinada edad sometida en el ámbito laboral a un cierto valor de nivel sonoro continuo equivalente, debe esperarse que el  $x$  % experimente una pérdida auditiva superior a  $z$  dB”, y así para los distintos percentiles comprendidos entre el 5% y 95% de la población, que son los límites de confiabilidad que maneja la Norma.



La Norma presenta dos bases de datos de referencia, en las que proporciona las pérdidas auditivas esperables para distintas frecuencias y para distintas edades, para cada sexo, ocasionadas solamente por presbiacusia y considerando la no existencia de exposición ocupacional para los individuos de referencia.

La Base de Datos “A” corresponde a una población ideal, otológicamente apantallada y no expuesta ambientalmente a ruido, sin historial de drogas ototóxicas u otros antecedentes que anticipen un incremento en el deterioro auditivo ocasionado por la edad. En definitiva, esta base proporciona datos de presbiacusia en un ambiente ideal. Sus valores admiten ser calculados matemáticamente, y la Norma presenta la totalidad de las fórmulas necesarias para ello.

Por otro lado, la Base de Datos “B” corresponde a una población propia de una sociedad industrializada, con lo que se admite otras formas de exposición a ruido extraocupacional asociadas con el estilo de vida, como la exposición ambiental o social, incidiendo en los valores de presbiacusia que se presentan. Esta base no admite ser calculada matemáticamente; corresponde al procesamiento de datos audiométricos experimentales.

Si bien no puede afirmarse en forma absoluta que la sociedad uruguaya se corresponda con la de un país industrializado, resultó inmediatamente descartada la idea de emplear como referencia la Base de Datos “A”, ya que el ambiente acústica y otológicamente requerido para su aplicación parecían más distantes de la realidad que la suposición de una condición ambiental similar –desde el punto de vista acústico- con el de una sociedad industrializada. En base a ello, se trabaja en todos los casos empleando como referencia la Base “B” de la Norma.

La Base de Datos “B” proporciona datos para intervalos de edad de 10 años (individuos de 30 años, de 40 años, de 50 años, de 60 años). Para cada edad, describe la curva de pérdida con los valores que corresponden a los percentiles 10%, 50% y 90%; por lo tanto, se asumió linealidad en cada uno de los intervalos (10 – 50 y 50 – 90) para obtener valores de comparación para percentiles intermedios.

La Base “B” proporciona una “curva de excedencia” de los niveles de pérdida auditiva esperables para los distintos percentiles de la población (“la pérdida que se espera sea superada en el 90% de la población, la pérdida que se espera sea superada en el 50% de la población, etc.”).

En cuanto a la evaluación de la pérdida auditiva, la Norma considera de aplicación a un amplio conjunto de diferentes criterios de ponderación. En publicaciones anteriores del Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, se ha mostrado que los resultados a que se llega por diferentes criterios NO son equivalentes entre sí. En efecto, el valor numérico de la pérdida auditiva promedio es diferente según el criterio de valoración que se aplique para calcularla, y presenta mayores diferencias entre los grupos etarios cuanto más reparativo (mayor incidencia de las bandas más altas) es el criterio.

### 3.4. PAM y Peligrosidad Acústica

Para aplicar el método de la Pérdida Auditiva Media, propuesto por los investigadores Lafon & Duclos, sobre una base de datos audiométricos de una población expuesta a ruido ocupacional de cuyos individuos se conocen las edades, el proceso comienza por obtener el valor de la pérdida para cada uno de los oídos por el criterio  $(2000 + 4000)/2$ . Luego se trabaja con la pérdida promedio de ambos oídos (la Norma ISO acepta que se tome uno de los oídos, la media aritmética, o algún promedio ponderado de ambos).

A través del ábaco de Lafon & Duclos, al que se ingresa manualmente para cada ficha de la base de datos con la edad del individuo y la pérdida auditiva evaluada como acaba de enunciarse, se convierte la población de trabajo en una población ficticia equivalente de 35 años de edad, para la que se ha determinado individuo a individuo la pérdida auditiva de referencia (PAM).

Se tiene entonces una nueva población equivalente de individuos de 35 años. Las pérdidas auditivas de estos individuos son las que habrán de compararse con una de las poblaciones de referencia que propone la Norma ISO 1999-90. Para obtener los valores que corresponden a 35 años, se asumió un comportamiento lineal en la edad para cada percentil de la Base B y se interpolaron los valores de las pérdidas de referencia para una población de 35 años a partir de las correspondientes a 30 y 40 años. Se puede observar que la pérdida de la población en estudio es, en todos los casos, superior a la de la población de referencia.

## RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan los excesos de pérdida promedio es en relación a la Base B de la Norma ISO 1999-90.



Pérdida Real en dB	Hombres 30 años	Hombres 40 años	Hombres 50 años
<b>Criterio de Valoración</b>			
(2+4)/2	17	24	25
(1+2+4)/3	16	21	22
(0,5+1+2+4)/4	16	20	22
<b>Ponderado</b>	15	17	20
(0,5+1+2+3)/4	15	18	21
(1+2+3)/3	14	18	22
(1+2+3+4)/4	16	22	24
(2+3)/2	15	20	23
(2+3+4)/3	17	23	26

El exceso de pérdida auditiva promedio para los diferentes criterios se sitúa en el entorno de 8 dB. Puede observarse que cuanto más preventivos son los criterios (mayor coeficiente de ponderación a las frecuencias de instalación de la pérdida auditiva), el deterioro se reduce en relación a lo esperable para la edad a medida que la población va envejeciendo. Sin embargo, a medida que se da mayor peso en la ponderación a las frecuencias conversacionales –criterios más reparativos- la pérdida es significativamente mayor que la esperable por presbiacusia.

Por ejemplo, si se analiza cómo evoluciona el exceso de pérdida con la edad, aplicando el criterio preventivo  $(2000+4000)/2$  éste pasa de 9 dB en la faja de 40 años a sólo 5 dB en la de 50 años.

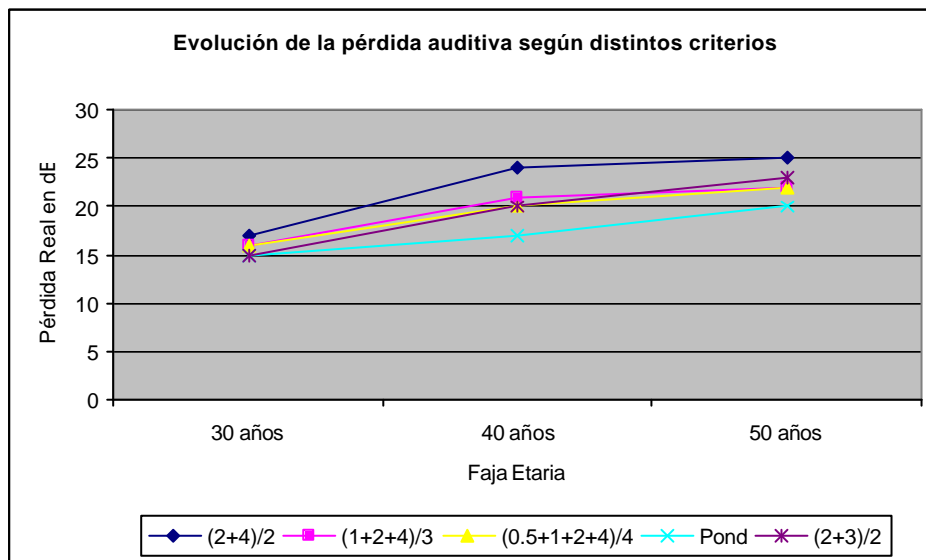


Figura 1: Pérdida medida real para la faja etaria y criterio correspondiente

A continuación se presentan algunos gráficos ilustrativos del tratamiento realizado, para dos de los criterios: el más preventivo de todos, y uno esencialmente reparativo que pondera de igual forma las frecuencias conversacionales y las preventivas.

*Criterio  $(2000 + 4000)/2$ :*

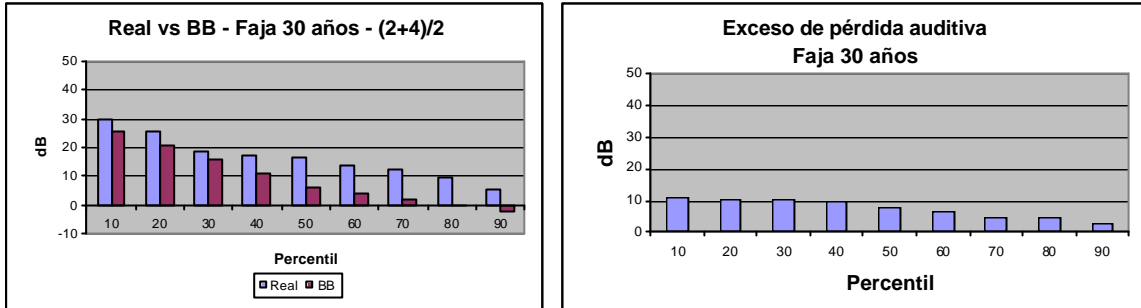


Figura 2: Exceso de pérdida auditiva (diferencia entre la pérdida medida real y Base B) para la faja etaria de 30 años, según el criterio  $(2000+4000)/2$

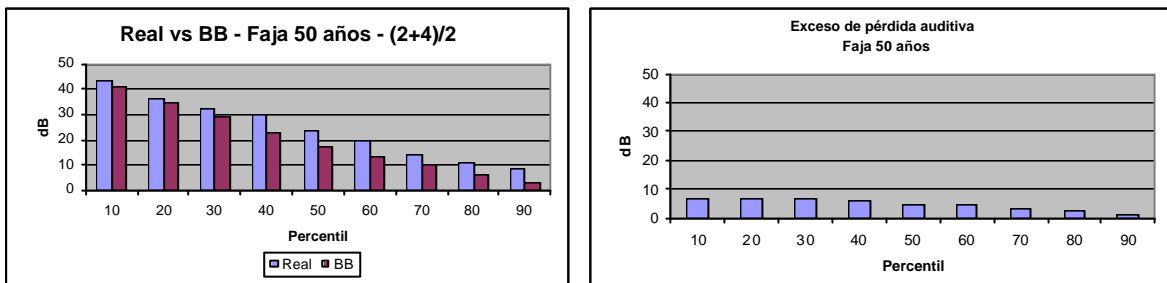


Figura 3: Exceso de pérdida auditiva para la faja etaria de 50 años, según el criterio  $(2000+4000)/2$

*Criterio  $(500 + 1000 + 2000 + 4000)/4$ :*

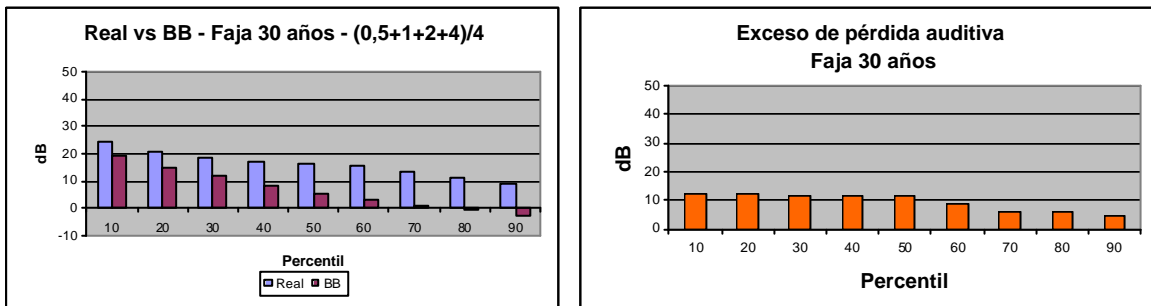


Figura 4: Exceso de pérdida auditiva para la faja etaria de 30 años, según el criterio  $(500+1000+2000+4000)/4$

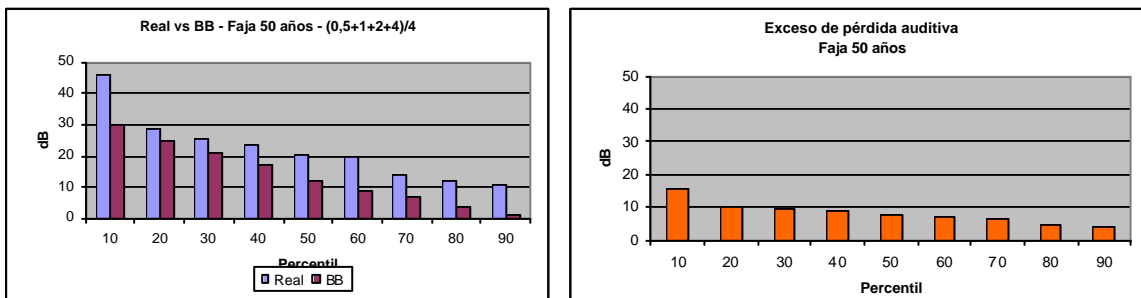


Figura 5: Exceso de pérdida auditiva para la faja etaria de 50 años, según el criterio  $(500+1000+2000+4000)/4$

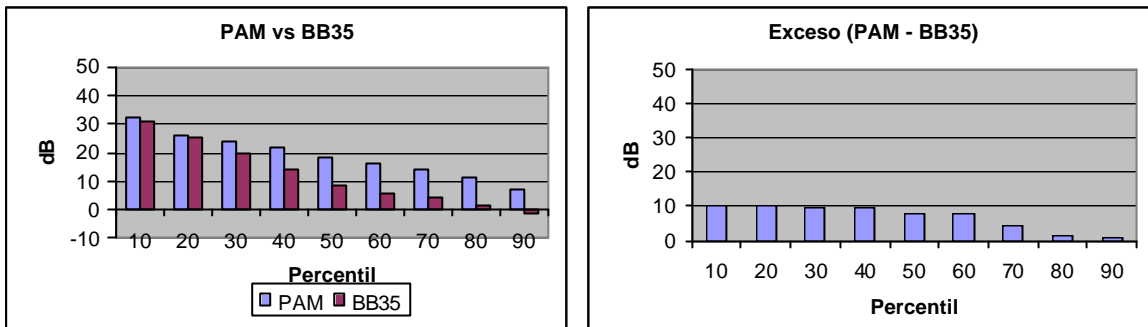


Figura 6: Comparación entre la PAM medida y la pérdida esperada según la Base “B” para una población de 35 años de edad

Puede ahora calcularse –percentil a percentil- la diferencia entre las dos curvas de excedencia (PAM real y pérdida por presbiacusia de la Base “B”), y esta diferencia da una nueva curva, también definida percentil a percentil. De acuerdo con el espíritu de la Norma, las “colas” de esta curva deberían ser despreciadas, pero ello no impide que en general aparezca marcadamente identificable en el intervalo central de la curva un valor que puede asociarse con la pérdida auditiva ocasionada por la exposición a ruido ocupacional que ha sufrido la población bajo estudio, ya que es una pérdida incremental respecto a la esperada por presbiacusia para una población que admite estar expuesta a fuentes ambientales y sociales de ruido.

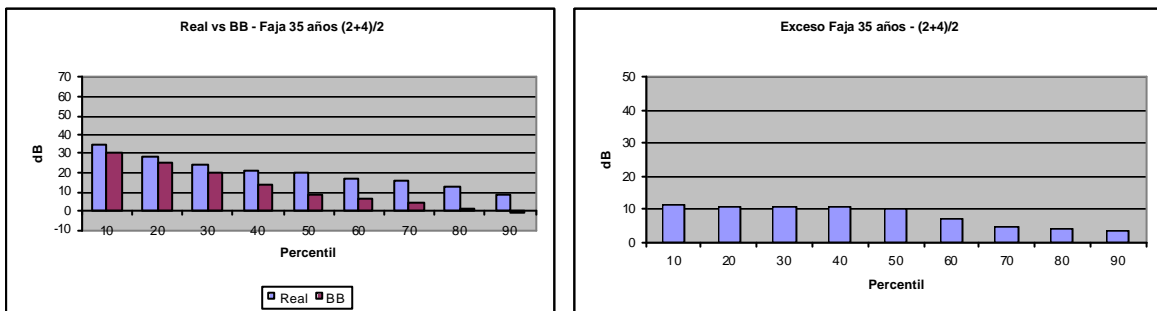


Figura7: Exceso (Real – Base B para 35 años) para 35 años de edad según criterio  $(2000 + 4000)/2$

Si se considera como “*peligrosidad acústica*” del ambiente de trabajo al valor medio del exceso de pérdida auditiva esperable para esta población de 35 años, éste da una cuantificación del exceso de pérdida que se puede esperar para la población trabajadora al llegar a los 60 años. Si para ello se dejan de lado los individuos que tienen mayor y menor susceptibilidad y se promedian los excesos de pérdida esperables entre los percentiles 30 y 70% de la población en estudio, la peligrosidad acústica de este establecimiento resulta ser de 8 dB.

En el grupo etario de 60 años, para la población en estudio, son pocos los datos medidos (sólo 9), y el exceso de pérdida promedio que presentan es de 8 dB, valorado con el mismo criterio  $-(2000+4000)/2$  -. Esta verificación permite constatar lo adecuado del uso del método de la Pérdida Auditiva Media para predecir el deterioro auditivo.

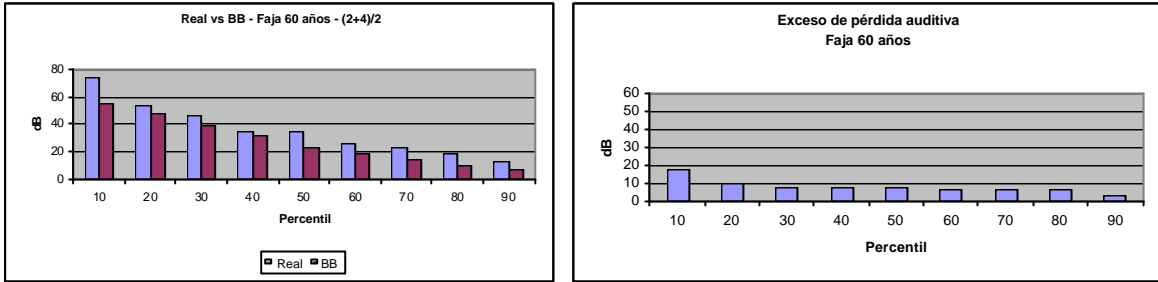


Figura 8: Exceso (diferencia entre pérdida medida y Base “B”) para faja etaria y criterio correspondiente

Luego se establecieron clases dentro de la población equivalente de 35 años para los distintos rangos de pérdida experimentada: hasta 10 dB, entre 11 y 20 dB, entre 21 y 30 dB, entre 31 y 40 dB, entre 41 y 50 dB, superior a 51 dB. En la figura 9 se muestran los resultados. Se observa que la mayor incidencia corresponde a pérdidas de entre 11 y 20 dB (37% del total de casos).

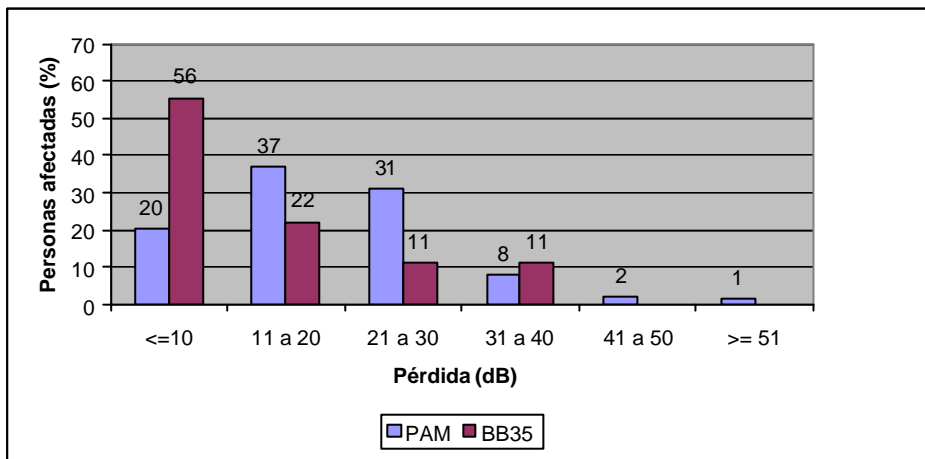


Figura 9: Porcentaje de personas afectadas por pérdida auditiva dentro de la población ficticia equivalente de 35 años de edad vs. Base de Referencia B

Las pérdidas inferiores a 20 dB (la suma de las 2 primeras clases) constituyen el 57% de los casos totales, y las pérdidas comprendidas entre 11 y 30 dB son el 33%.

En los gráficos de las figuras 10 y 11 se muestra la evolución de la pérdida auditiva de la población en relación con su antigüedad en la empresa y, en consecuencia, con los años de exposición sistemática a ruido ocupacional. Se trabajó con dos fracciones de la población total: trabajadores con menos de 20 años de exposición y con 21 o más años de trabajo en la industria metalúrgica.

La diferencia entre la pérdida auditiva de referencia (BB35) y la medida (PAM) resulta que para el caso de menor antigüedad el valor medio es de 6 dB; y para la población más antigua (más de 21 años de exposición al ruido) el valor es de 12 dB.

Esto muestra la incidencia de la exposición ocupacional a ruido en la pérdida auditiva de la población trabajadora, ya que el método empleado garantiza que se ha descontado la pérdida por presbiacusia al convertir la población de trabajo en una población equivalente de 35 años de edad, y que por lo tanto la causa de la mayor pérdida no es la mayor edad de los individuos en estudio.

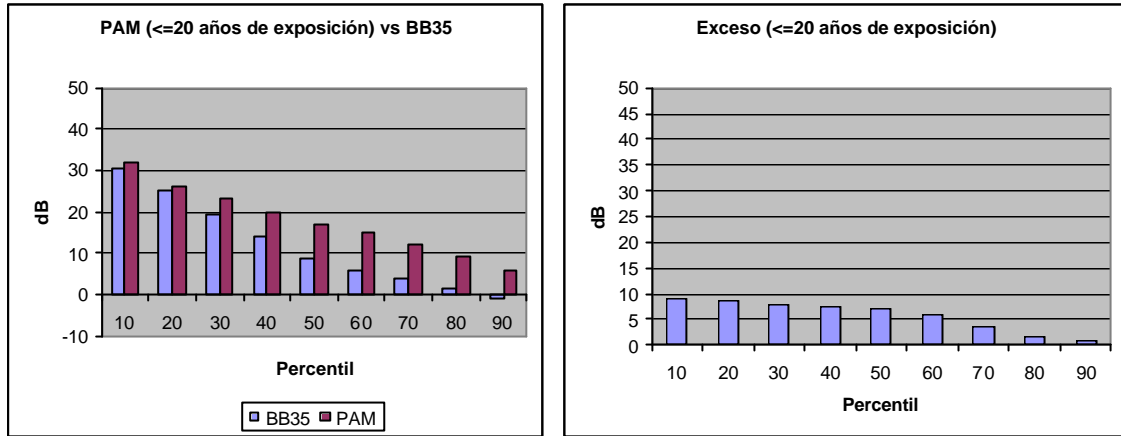


Figura 10: Pérdida auditiva esperada y exceso de pérdida para la población ficticia equivalente con menos de 20 años de exposición en la industria metalúrgica

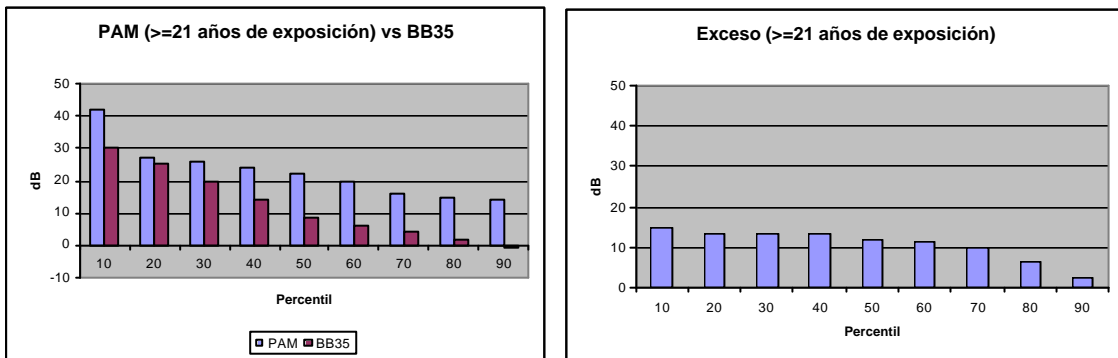


Figura 11: Pérdida auditiva esperada y exceso de pérdida para la población ficticia equivalente con más de 20 años de exposición en la industria metalúrgica

### CONCLUSIONES

El estudio realizado de acuerdo a criterios y normas internacionales muestra que existe un deterioro auditivo inducido por la exposición laboral a ruido. El mismo es creciente con el número de años de trabajo; en particular para los trabajadores con 21 o más años de antigüedad en la empresa se estima en 12 dB. Cuantitativamente su valoración puede diferir en forma importante según se empleen criterios de corte más bien preventivo o más bien reparativo, lo que podría dar lugar a diferentes resultados en instancias tales como reclamo indemnizatorio.

El valor representativo de la peligrosidad acústica de esta industria fue estimado en 8 dB, promedio del exceso de pérdida que se espera para la población trabajadora de esta industria al llegar a los 60 años de edad.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- González, Alice Elizabeth, Perona, Domingo Hugo. Visión epidemiológica de la pérdida auditiva: aplicaciones de la Norma ISO 1999-90 con objetivos varios. Memorias de las Terceras Jornadas Regionales sobre Violencia Acústica (2001). Rosario, Argentina.





---

---

**VI Congreso Nacional**

**“La Ingeniería Ambiental en un país productivo y natural”**

- 2.- González, Alice Elizabeth; Perona, Domingo; Gavirondo, Martín; Pérez Rocamora, Esteban. De cómo diferentes criterios de pérdida auditiva avalados por la Norma ISO 1999-90 conducen a valoraciones diferentes de una misma población. Segundo Congreso Argentino de Acústica del Nuevo Milenio y Congreso de la CADAE. Octubre, 2003. Buenos Aires, Argentina
3. - ISO Standard 1999–90. Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. 1990.
- 4.- Lafon, Jean Claude – Duclos, Jean Claude. La surdit e professionnelle en Encycl. Med. Chir. (Paris – France) Otorhinolaryngologie, 1985
- 5.- Lisboa, Marcos; Gonz alez, Elizabeth. Cooperaci n IMFIA/DIA – MSP. Informe de Actividades. 2007.