



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A050

Propuesta y medición de control de ruido generado por maquinaria de construcción

Oscar Andrés Gómez Ortiz^(a)

Briham David Guzmán Rodríguez^(b)

Asesores: Ing. Juan Carlos Fernández , Arq. Johann Núñez C.

Revisión de estilo: C.S.P. Patricia Carreño Moreno

(a) Ingeniería de sonido, Facultad de ingeniería, Universidad de San Buenaventura. transv 8H #172-20, Bogotá D.C, Colombia. E-mail: andresonido@yahoo.es

(b) Ingeniería de sonido, Facultad de ingeniería, Universidad de San Buenaventura. transv 8H #172-20, Bogotá D.C, Colombia. E-mail: andresonido@yahoo.es

Abstract

The noise is always present in construction industry. It is produce by machinery and some tools used for demolitions, excavations and others process that required this kind of industry. Is very important to know that noise is an agent an a risk factor in some activities of construction because can generate alterations in the worker's health. For this, the project is based on made noise measurements in the same work environment, establishing conditions of security for all the workers in expositions through the control, studies and different suitable recommendations for any company.

Resumen

El ruido se encuentra estrechamente ligado con la industria de la construcción. Se produce por la maquinaria y herramienta utilizada en procesos como demoliciones, excavaciones, etc. Es de suma importancia reconocer que el ruido es un agente o factor de riesgo dentro de algunas actividades de construcción, dado que es un fenómeno capaz de generar alteraciones sobre la salud o el bienestar de los trabajadores. Debido a esto, el proyecto se enfocó a la realización de mediciones de ruido en dicho ambiente laboral, estableciendo condiciones seguras para los trabajadores expuestos mediante su control, estudios estadísticos y diferentes recomendaciones básicas aplicables para cualquier empresa.

1. Introducción

Al hacer un análisis de los principales problemas de salud de los trabajadores y de las principales enfermedades ocupacionales relacionadas con el trabajo según un estudio diagnóstico realizado por la división de Salud Ocupacional del Instituto de Seguro Social (I.S.S.), Seccional Cundinamarca en 1989, en empresas de más de 10 trabajadores, se detectó que el ruido se encuentra presente en el 60% de dichas empresas encuestadas, mostrando además, que éste es el agente de riesgo físico que con mayor frecuencia se presenta en las empresas estudiadas. La presencia del factor de riesgo ruido, en las empresas afiliadas al Seguro Social, ha generado que la hipoacusia neurosensorial se encuentre en primer lugar dentro las enfermedades profesionales calificadas, de tal forma que para 1989 constituyó un 42.7%; para 1992 el 56.2% y para 1994 representó el 64.9% del total a nivel nacional.

Existe una gran cantidad de empresas de construcción a lo largo del país (Colombia), las cuales realizan una ardua labor para el desarrollo del país. Para llevar a cabo cualquier tipo de proyecto, cada empresa cuenta con personal administrativo, de control y operativo, que debe estar afiliado a los regímenes de salud, riesgos profesionales, pensiones y cajas de compensación. Algunas de estas empresas carecen de información acerca de los problemas que pueden causar en la salud y bienestar de sus trabajadores la generación de ruido. **¿Cómo se puede prevenir la pérdida de audición en trabajadores, causada por el ruido generado en construcciones civiles?** Aunque las empresas pueden contar con un programa de salud ocupacional, generalmente es muy superficial y no especifica que tipo de protección debe utilizar quien labora o utiliza diferente maquinaria, mucho menos de que manera se controla el ruido en la fuente. Además no se conocen los riesgos auditivos de los trabajadores en dependencia de su tiempo de exposición al ruido y su edad. Aunque los programas de salud ocupacional brindados por las ARP (administradoras de riesgos profesionales) son de gran ayuda para evitar enfermedades o accidentes laborales en los trabajadores, en muchos casos se pueden encontrar debilidades en determinados tipos de riesgos (higiénicos, físicos, químicos, ergonómicos, etc.).

Resulta de gran importancia realizar una propuesta de control de ruido generado por maquinaria para construcción, debido a que todas las empresas están obligadas a velar por la integridad física y la salud de sus trabajadores. Aunque no es del conocimiento de la mayoría de las constructoras (empresas de construcción), el ruido generado por la maquinaria que manipulan los obreros es de un nivel muy alto, que puede perjudicar su audición. Es de gran utilidad que cualquier empresa ponga en práctica las recomendaciones de un manual, que brinde soluciones sencillas para evitar problemas en la salud auditiva de sus trabajadores.

Esta investigación realizó un diagnóstico específico para el control de ruido en obras civiles, en una obra de la empresa CONSTRUCCIOENS KYOTO EU, la cual desarrolla actividades relacionadas con la construcción, programación y control, en proyectos de carácter público y privado. Se hizo con base en la legislación que rige en el país (vigente para la época de desarrollo de la investigación), teniendo en cuenta varias entidades relacionadas (DAMA, Ministerio de Protección Social, Ministerio de Salud) y empleando varios parámetros de la acústica aplicada, sin dejar a un lado el programa de salud ocupacional de la empresa.

2. Metodología

La recolección de información se realizó midiendo el nivel de ruido de cada máquina en posición de uso. El tiempo de medición (10 minutos por cada punto) fue establecido por ser considerado suficiente para tener variaciones significativas en la misma medición, sin ignorar

las recomendaciones de las normativas relacionadas. Así mismo, se realizó una encuesta como herramienta de soporte a las conclusiones, evaluando los problemas y la afectación en los trabajadores. Los instrumentos de medición empleados cumplen con las especificaciones técnicas exigidas por la normativa NTC 3428 (Norma Técnica Colombiana), siendo estos:

- Sonómetro RION NA – 27 Clase 1
- Micrófono de condensador omnidireccional Behringer ECM 8000 para mediciones
- Laptop IBM con Software SpectralLAB 4.32
- Interface M-Audio

Se obtuvieron los niveles de ruido de fondo, los niveles equivalentes en ponderación A por cada punto de medición y los niveles estimados de reducción de ruido de los protectores auditivos recomendados.

3. Resultados

Los resultados presentados corresponden a un taladro neumático, máquina empleada para demoliciones de concreto o cualquier otro tipo de suelo y que funciona asistido por un compresor de aire. La maquinaria a medir cumple con las características de una fuente esférica, su frente de onda diverge la energía en cuanto se propaga en el tiempo y en el espacio; debido a que la superficie no se mantiene constante se atenúa la amplitud de la presión y la intensidad sonora a medida que el oyente se aleja de la fuente. Tras realizar una captura de audio y observar en un analizador espectral el comportamiento del ruido generado por cada máquina funcionando de manera independiente, se determina para el compresor que su nivel de presión sonora, medido en bandas de octava, no fluctúa a lo largo del tiempo, por lo que el ruido se identifica como continuo constante. De la misma manera que el compresor, el ruido del martillo neumático es constante pero fluctuante en un margen más corto a lo largo del tiempo.

3.1 Ruido de fondo

El nivel de ruido de fondo se midió por bandas de octava, entre 125 Hz y 8 KHz, tomado sobre un punto central del espacio de trabajo.

Tabla 1. Niveles de ruido de fondo para el taladro neumático

125 Hz	250.0 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
62,94	65,13	64,41	68,67	70,77	70,59	65,49

El nivel de ruido de fondo obtenido es de 76,26 dBA.

3.2 Puntos de Mediciones

A continuación se muestra el plano de la obra con los puntos correspondientes a las mediciones del taladro neumático y el compresor, señalando la ubicación de la fuente

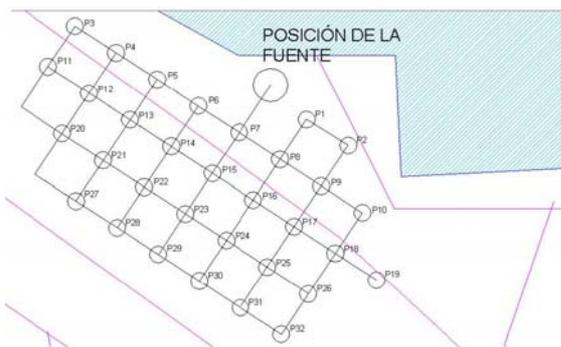


Figura 1. Puntos de medición taladro neumático

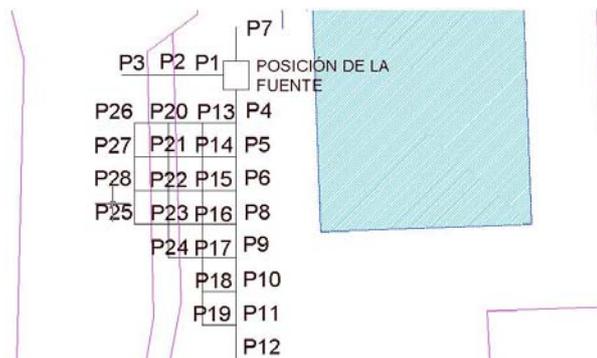


Figura 2. Puntos de medición compresor

3.3 Mapas de ruido

Los mapas de ruido están hechos con base en los puntos de medición por bandas de octava, desde 125 Hz hasta 8 KHz. Los colores corresponden a los estándares establecidos por normas internacionales. La posición de la fuente es el centro de la capa de color con mayor nivel de presión sonora. Dichos mapas se realizaron en el software AutoCad. A continuación se muestran los mapas de ruido obtenidos para el taladro neumático.

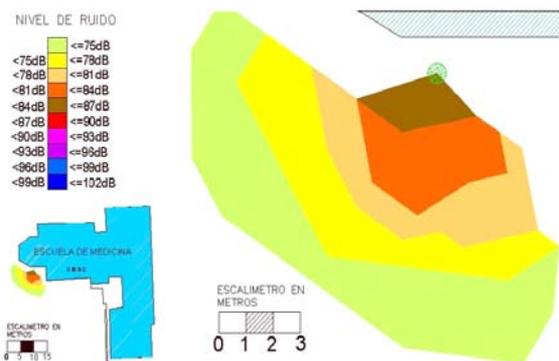


Figura 3. Mapa de ruido a 125 Hz.

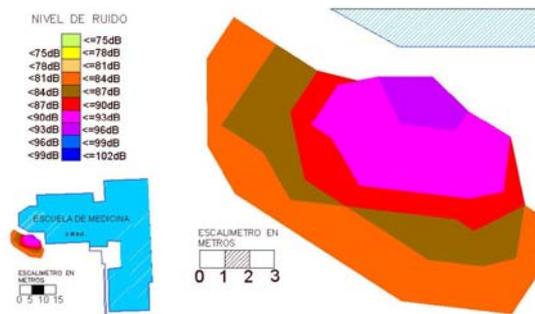


Figura 4. Mapa de ruido a 250 Hz.

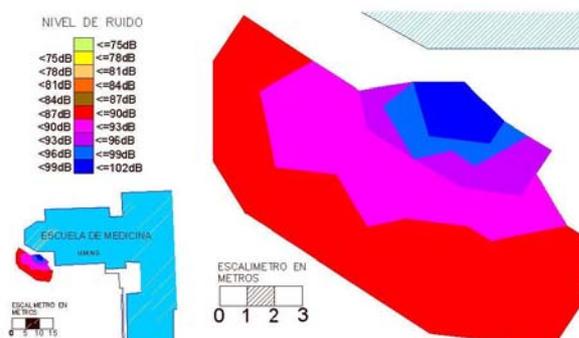


Figura 5. Mapa de ruido a 500 Hz.

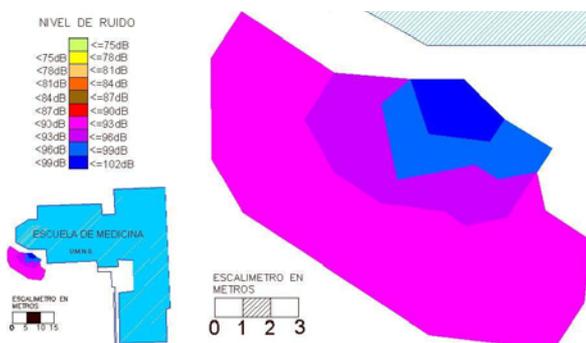


Figura 6. Mapa de ruido a 1000 Hz.

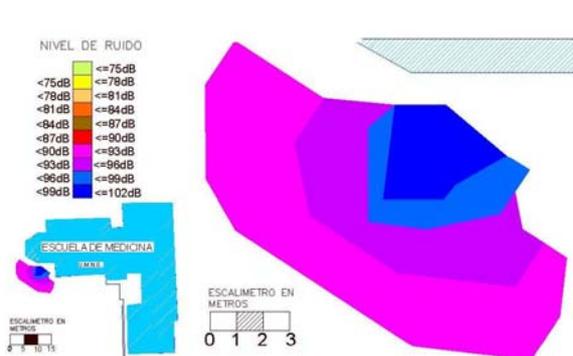


Figura 7. Mapa de ruido a 2000 Hz.

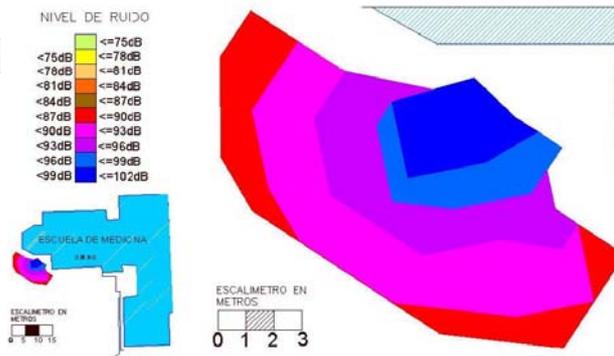


Figura 8. Mapa de ruido a 4000 Hz.

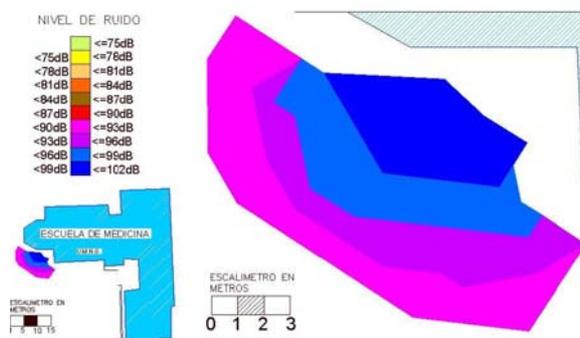


Figura 9. Mapa de ruido a 8000 Hz.

A continuación se muestran los mapas de ruido obtenidos para el compresor.

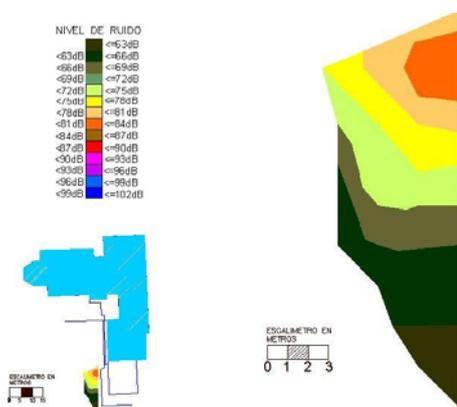


Figura 10. Mapa de ruido a 125 Hz.

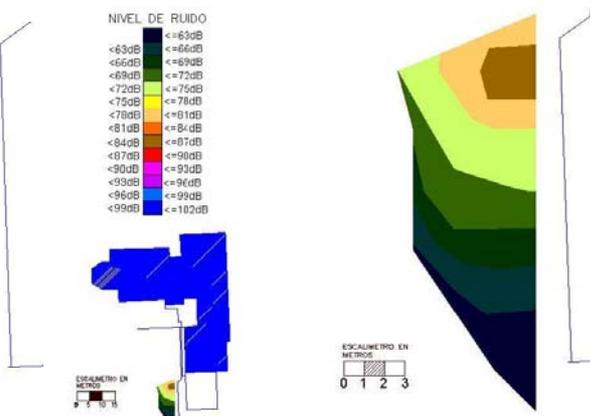


Figura 11. Mapa de ruido a 250 Hz.

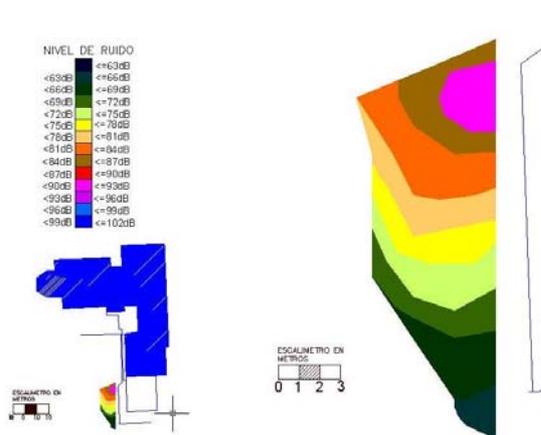


Figura 12. Mapa de ruido a 500 Hz.

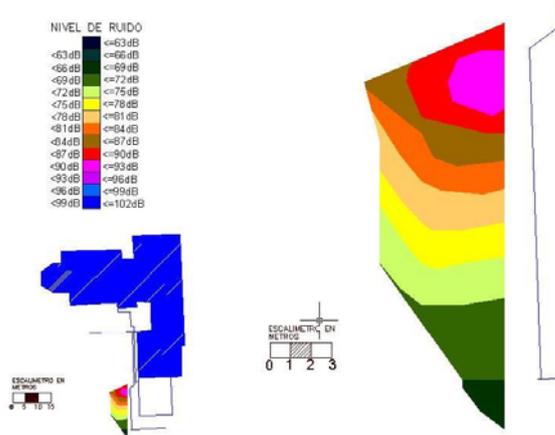


Figura 13. Mapa de ruido a 1000 Hz.

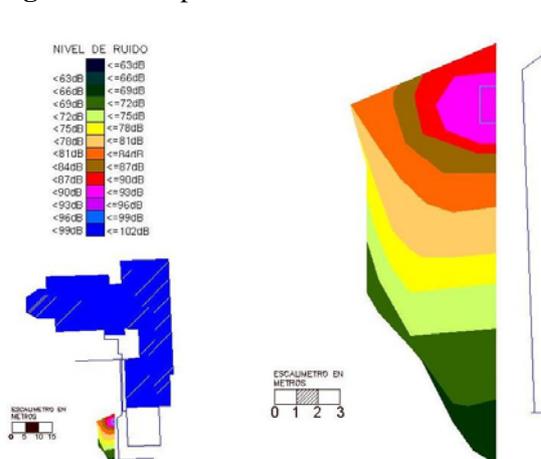


Figura 12. Mapa de ruido a 2000 Hz.

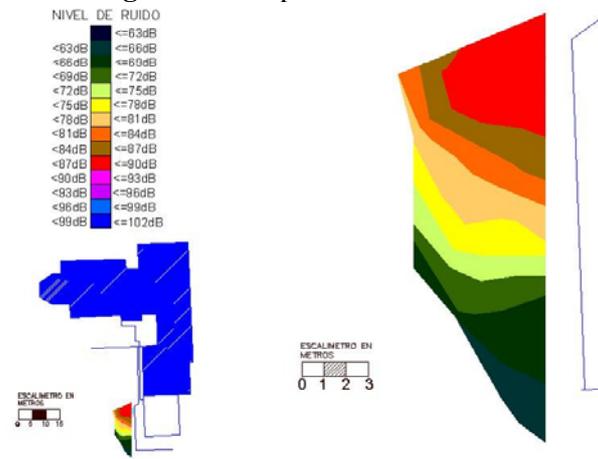


Figura 13. Mapa de ruido a 4000 Hz.

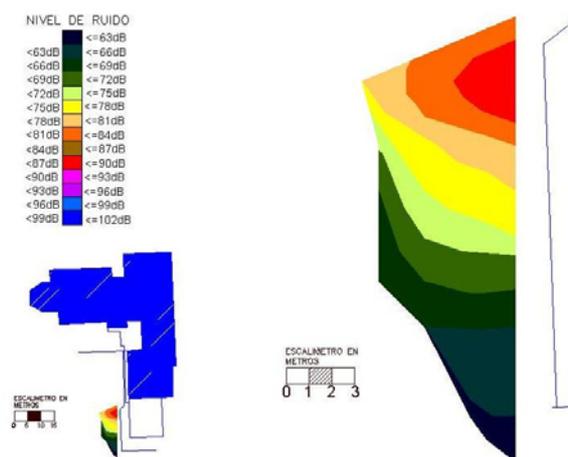


Figura 14. Mapa de ruido a 8000 Hz.

3.4 Encuesta subjetiva a los trabajadores

Se realizó una encuesta a cuarenta (40) trabajadores de la empresa CONSTRUCCIONES KYOTO E.U. expuestos directa o indirectamente a distintos niveles de

ruido generados en el mismo ambiente laboral. La ficha técnica de la encuesta es: Universo: Entre 20 y 66 años de edad. Muestra: 40 entrevistas (100% del Universo). Selección: Exposición al ruido en su ambiente de trabajo. Entrevista: Personal. Fecha: INICIO - 24 de Febrero de 2006 FIN - 10 de Marzo de 2006.

3.4.1 Perfil de los encuestados (trabajadores)

Dependiendo del perfil de cada uno de los trabajadores de la empresa expuestos al ruido en su ambiente laboral, se obtienen datos con mayor precisión para la presentación y el análisis de los resultados. Entre estos se encuentran la edad, el cargo, su nivel académico, entre otros, mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Perfil de los encuestados

EDAD	CARGO	NIVEL ACADEMICO	ESTADO CIVIL	EXPERIENCIA LABORAL				
21	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 70	UNION LIBRE	4 AÑOS				
30	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 50	SOLTERO	3 AÑOS				
56	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 50	SEPARADO	22 AÑOS				
41	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 20	UNION LIBRE	15 AÑOS				
66	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 20	VIUDO	12 AÑOS				
45	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 50	CASADO	8 AÑOS				
52	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 10	SOLTERO	3 AÑOS				
36	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 50	SOLTERO	15 AÑOS				
23	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 70	SOLTERO	7 AÑOS				
52	OFICIAL DE OBRA	HASTA 70	CASADO	5 AÑOS				
40	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 30	UNION LIBRE	2 AÑOS				
25	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	VIUDO	3 AÑOS				
15	OFICIAL DE OBRA	HASTA 50	CASADO	3 AÑOS				
16	OFICIAL DE OBRA	HASTA 60	CASADO	20 AÑOS				
28	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	SOLTERO	3 AÑOS				
50	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	SOLTERO	20 AÑOS				
12	MAESTRO DE OBRA	HASTA 50	CASADO	2 AÑOS				
21	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	SOLTERO	2 AÑOS				
24	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	UNION LIBRE	3 AÑOS				
44	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	CASADO	6 AÑOS				
20	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	SOLTERO	17 AÑOS				
48	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 50	SOLTERO	25 AÑOS				
25	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 50	SOLTERO	3 AÑOS				
21	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 110	SOLTERO	3 AÑOS				
27	ALMACENISTA	HASTA 110	SOLTERO	3 AÑOS				
25	RESIDENTE DE OBRA	UNIVERSITARIO	UNION LIBRE	3 AÑOS				
25	RESIDENTE DE OBRA	UNIVERSITARIO	SOLTERO	2 AÑOS				

3.4.2 Análisis estadístico

En la siguiente tabla se muestra el análisis estadístico de cada pregunta de la encuesta realizada a los trabajadores de la empresa CONSTRUCCIONES KYOTO E.U. Algunas de las preguntas se omiten debido a que los resultados de estas no contribuyen para obtener dicho análisis.

Tabla 3. Desviación estándar y mediana encuesta

NUMERO DE LA PREGUNTA	DESVIACION	MEDIANA
1	6,11	12
2	11,31	20
3	2,83	14
4	4,62	16
5	22,63	20
6	8,49	18
7	4,00	8
8	8,28	6
9	8,46	4
12	0,00	20
13	1,41	10
15	22,63	20
16,2	5,66	20
16,3	11,31	20

4. Marco legal o normativo

A continuación se mencionan las normas, leyes y/o resoluciones, a nivel nacional e internacional que respaldan la investigación.

4.1 Normativa Nacional (Colombia)

Resolución No. 8321 del 4 de Agosto de 1983: Protección y Conservación de la Audición, de la Salud y el Bienestar de las Personas, por causas de la producción y emisión de ruidos. Resolución 1792 de mayo 3 de 1990: Modifica los valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. Utiliza la tasa de intercambio de 5 dB y el nivel de criterio e 85 dBA. Norma NTC 3428 Acústica. Sonómetros (Medidores de la intensidad del Sonido: Contiene requisitos generales, definiciones, características generales, características dimensionales del micrófono y la caja del instrumento, características de ponderación frecuencial y del amplificador, características del detector y el indicador, sensibilidad en diferentes ambientes, calibración y verificación de las características básicas del sonómetro, ajustes cuando se emplea equipo auxiliar, informe de evaluación y manual de instrucción. Norma NTC 4653 (directrices para medición de ruido en el ambiente de trabajo): Tiene como objetivos determinar la ubicación de las mediciones de nivel de presión sonora, el tiempo de muestreo y el análisis de frecuencias para la evaluación de ruido en el ambiente de trabajo, teniendo en cuenta los efectos en el mismo trabajador tras su exposición diaria. Norma NTC 3520 Acústica. Descripción y medición del ruido ambiental. Obtención de datos relativos al uso en campo: Describe los métodos que se utilizan para medir y describir el ruido ambiental. Norma NTC 3522 Acústica. Descripción y medición del ruido ambiental. Cantidades básicas y procedimientos: Con los principios descritos en esta norma se puede especificar los límites aceptables de ruido y controlar el cumplimiento de estos.

4.2 Normativa internacional

Criterio ISO-1999: Este criterio relaciona la exposición del nivel de ruido en dBA, la duración de dicho nivel dentro de las 40 horas semanales y el porcentaje de personas que están expuestas sin sufrir pérdida en la audición. Criterio según la directiva 86/188 (España): La evaluación del riesgo de pérdida de la audición por la exposición de los trabajadores frente al ruido de acuerdo con la directiva 86/188 y las normas ISO se realiza en función del contenido energético del ruido. La directiva establece los límites de exposición diaria. Criterio ACGIH: Este criterio parte del concepto de TLV “Threshold Limit Value” o valores límites permitidos. Son niveles para los cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos perjudiciales para la salud. Criterio OSHA (Occupational Safety and Health Administration): Administración de seguridad y salud laboral de EE.UU. Organismo en el cual depende a escala federal la salud laboral. Norma nacional estadounidense ANSI S1.25-1978: Dicha norma contiene especificaciones sobre dosímetros. La presión sonora con ponderación de frecuencia A y ponderación temporal lenta (*slow*) es integrada con una tasa de intercambio de 5 dB, de acuerdo con las normas de EE.UU. de la OSHA y de la *Mine Safety and Health Administration* (MSHA).

5. Propuesta de control de ruido en las fuentes

Con el control de ruido en la maquinaria, que es la principal fuente de ruido en la construcción, se disminuyen los niveles emitidos y se reduce la afectación de los trabajadores. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los costos de dicho control en nuestro país pueden llegar a ser elevados y la empresa CONSTRUCCIONES KYOTO E.U. no está dispuesta a asumirlos, ya que la maquinaria no es de su pertenencia y cada vez que se necesiten realizar labores como demoliciones, excavaciones o que involucren su uso, se recurre al alquiler de las mismas. El control que se propone está concebido para mejorar el ambiente laboral respecto al ruido presente en los procesos de construcción, manteniendo una estrecha relación con el control a los receptores y planteando un presupuesto viable para quien desee aplicarlo.

5.1 Control en el compresor

En esta máquina se halló que el nivel de ruido varía si la tapa que recubre el motor se encuentra abierta o cerrada. Para el control de esta fuente se propone un recubrimiento en todo el compresor, excepto en las rejillas de ventilación y escapes de aire. Dicho recubrimiento incluye la tapa del equipo. Se debe tener en cuenta que el diseño propuesto no recubre en ningún caso las salidas de las mangueras ni el tablero de control. El material propuesto para el recubrimiento es una capa de fibra de vidrio cubierta con tela (también de fibra de vidrio) de 2" de espesor, recubierta por el lado visible con tela capitonada, reforzada con vinilo aluminizado de color gris y una capa de barrera de vinilo reforzado de alta densidad. La fibra de vidrio de alta densidad absorbe las ondas sonoras del aire, reduciendo sustancialmente los niveles de ruido. Su uso es el adecuado para este tipo de maquinaria, ya que sirve para enmascaramientos parciales y es resistente a aceites, polvo, agua y grasas. De igual manera, el compresor produce temperaturas elevadas, y dicho material soporta más de 200 ° C.

El NCR del material es de 0.85 (125Hz a 4KHz), su STC es de 32 (125Hz a 4KHz). Los datos son brindados por el fabricante (empresa mexicana llamada COMAUDI con una experiencia de 20 años en el mercado mundial de la acústica) y tomados de su página Web www.comaudi.com. Se desconoce el método de medición del material. El material propuesto viene en forma de rollos y puede ser cortado. Se recubriría el compresor por partes, unidas estas con cinta de alta densidad, que posee un terminado aluminizado. Se dejarían espacios para abrir la puerta, no cubrir las rejillas, salidas de mangueras y el tablero de control.



Figura 15. Izquierda: Detalle del material de recubrimiento. Derecha: compresor con el recubrimiento

6. Propuesta de control de ruido en los receptores

Todos los trabajadores que estén expuestos al ruido en su ambiente laboral deben estar protegidos contra este factor de riesgo; la empresa debe suministrar dicha protección fundamentada en la atenuación por banda de octava, dependiendo de la máquina.

6.1 Protectores auditivos escogidos

A continuación se muestran los dos protectores auditivos escogidos para realizar comparaciones y el mismo control de ruido generado por maquinaria para construcción:

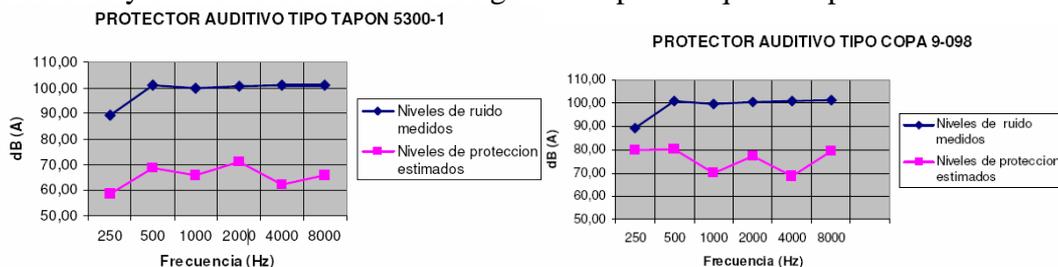


Figura 16. Protectores auditivos recomendados

7. Conclusiones

Los niveles de ruido emitidos por la maquinaria sobrepasan los admitidos por las normas establecidas en el país, por lo que los trabajadores están expuestos a riesgos profesionales bastante altos. Las frecuencias en banda de octava con mayor cantidad de energía para el ruido, y que emite el taladro neumático son las de 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz y 8000Hz, las cuales están directamente relacionadas con el oído: a largas exposiciones, los daños en la audición serán notorios. Las mediciones de niveles de ruido para el taladro neumático pueden variar respecto a la posición del operario, ya que este puede atenuar algunos niveles con su cuerpo y alterar la direccionalidad del sonido. Las condiciones en las que se realizaron las mediciones no fueron las óptimas, ya que existen pocos espacios para medir (para efectos de mapeo y dimensionalidad) y las características propias de una obra impiden el mejor desempeño de los investigadores. El ruido no debe ser un factor al que los trabajadores se tienen que “acostumbrar”, dado que se pueden controlar sus niveles, haciendo del ambiente laboral un espacio más cómodo para efectuar sus labores, trayendo beneficios para la misma empresa. La gran mayoría de los trabajadores de la empresa desconocen quien les brindaría asistencia médica en casos de pérdidas temporales o permanentes en su audición. Lamentablemente los trabajadores no son concientes de la importancia de usar protección auditiva en su ambiente laboral, al estar expuestos a elevados niveles de ruido. El nivel académico de los trabajadores es bastante bajo, siendo ellos quienes más tiempo están expuestos a niveles elevados de ruido. Adicionalmente su salario es el más bajo dentro de los trabajadores de la empresa. Los trabajadores de la empresa están dispuestos a recibir capacitaciones en relación con pérdidas, protecciones y daños auditivos. Los trabajadores son concientes que están expuestos a niveles elevados de ruido, identificando su ambiente laboral como el causante principal de esta situación. Los valores de atenuación de los protectores auditivos seleccionados, son tomados de la página Web de la empresa que los fábrica y se desconoce de que manera fueron medidos y obtenidos dichos valores. La protección auditiva es el medio más económico para una reducción de ruido, aún así se corre el riesgo que los trabajadores no hagan uso de ellos. Aunque el control del ruido directamente en la fuente implica mayores costos, es el más adecuado y debe ser tomado en cuenta como primera medida para cualquier control. Las entidades nacionales que están relacionadas con la seguridad industrial no cuentan con la suficiente información y claridad acerca de la reducción de ruido en ambientes laborales.

8. Referencias

- Cyril M, Harris (1995). “Manual de medidas acústicas y control de ruido”. Tercera edición, Mc.Graw-hill, México
- Rejano, de la Rosa, Manuel (2000). “Ruido industrial y urbano”. Paraninfo-Thomson learning,
- ISSS (2002). “Grupo experto en pérdida auditiva de origen ocupacional, protocolo de vigilancia epidemiológica para el control del ruido”. Instituto del Seguro Social, Colombia
- Alvarino, Cesar (2002). “Evaluación y control de ruido”. Seguro social, Colombia
- Revisión de temas, [www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino30302-haciaunarevision,htm](http://www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino30302-haciaunarevision.htm), octubre 10 de 2005, mery reina, 2000.
- Prevención de riesgos laborales, www.prevention-world.com, octubre 4 de 2005.
- La web del ruido, www.elruido.com/divulgacion/curso/index.htm, septiembre 28 de 2005.
- Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, www.mtas.es/insht/ntp/ntp_287.htm, octubre 12 de 2005, Eduardo Gaynés Palou, 1991.
- Articulos de seguridad arseg S.A., www.arseg.com.co, 2006.
- Comaudi Bukrisa S.A., www.comaudi.com/protaudi/protaudi.htm, febrero y abril de 2006.