

TABLA DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1.	ANTECEDENTES.....	9
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .	9
1.3.	JUSTIFICACIÓN	10
1.4.	OBJETIVOS	10
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	10
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.5.	ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	11
1.5.1.	ALCANCES	11
1.5.2.	LIMITACIONES	11
2.	MARCO DE REFERENCIA	12
2.1.	MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.2.	MARCO LEGAL O NORMATIVO	42
2.2.1.	NORMATIVA NACIONAL.....	42
2.2.2.	NORMATIVA INTERNACIONAL	43
2.3.	MARCO TEÓRICO.....	45
3.	METODOLOGÍA.....	48
3.1.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.2.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA	48
3.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	48
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.5.	HIPÓTESIS	53
3.6.	VARIABLES.....	53
3.6.1.	Variables Independientes	53
3.6.2.	Variables Dependientes	54

4.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
4.1.	PROCEDIMIENTO PREVIO DE MEDICIÓN - DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO	55
4.1.1.	Tipo de maquinaria.....	55
4.1.2.	Tipo de fuente.....	58
4.1.3.	Tipo de ruido.	58
4.2.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN - PUNTOS, TIEMPOS, HORARIOS Y CONDICIONES	58
4.2.1.	Puntos de Mediciones	58
4.2.2.	Tiempos de Mediciones.....	61
4.2.3.	Horarios.....	61
4.2.4.	Condiciones.....	61
4.3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE MEDICIONES.....	62
4.3.1.	Taladro Neumático	63
4.3.2.	Compresor De Aire.....	76
4.4.	ENCUESTAS SUBJETIVAS A LOS TRABAJADORES.....	89
4.4.1.	FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA	90
4.4.2.	PERFIL DE LOS ENCUESTADOS (TRABAJADORES)	90
4.4.3.	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	91
4.4.3.1.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	116
4.4.3.2.	ANÁLISIS ESPECÍFICO DE CADA PREGUNTA	92
5.	DESARROLLO INGENIERIL	116
5.1.	PROPUESTA DE CONTROL DE RUIDO EN LAS FUENTES.....	118
5.1.1.	CONTROL EN EL COMPRESOR	118
5.2.	PROPUESTA DE CONTROL EN LOS RECEPTORES	122
5.2.1.	CALCULO DE REDUCCIÓN DEL RUIDO QUE APORTAN LOS APARATOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA.....	123

5.3. GUÍA DE CONTROL, RECOMENDACIONES Y CONDICIONES SEGURAS
PARA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN..... 130

6. CONCLUSIONES.....131

7. RECOMENDACIONES.....136

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Taladro neumático SULLAIR MRD - 30.....	56
Ilustración 2: Compresor de aire portátil SULLAIR 185 PCM	57
Ilustración 3: Puntos de medición para el taladro neumático.....	59
Ilustración 4: Puntos de medición para el compresor	60
Ilustración 5: Mapa de ruido a 125 Hz. para el taladro neumático	65
Ilustración 6: Mapa de ruido a 250 Hz. para el taladro neumático	66
Ilustración 7: Mapa de ruido a 500 Hz. para el taladro neumático	67
Ilustración 8: Mapa de ruido a 1000 Hz. para el taladro neumático	68
Ilustración 9: Mapa de ruido a 2000 Hz. para el taladro neumático	69
Ilustración 10: Mapa de ruido a 4000 Hz. para el taladro neumático	70
Ilustración 11: Mapa de ruido a 8000 Hz. para el taladro neumático	71
Ilustración 12: Comportamiento de SPL(A) en 1/3 de octava para el taladro neumático	72
Ilustración 13: Comportamiento de SPL(Flat) en 1/3 de octava para el taladro neumático	73
Ilustración 14: Comparación en 1/3 de octava de SPL(Flat) y SPL(A) para el taladro neumático	74
Ilustración 15: Comparación en 1/3 de octava de LAm _{ax} y LAm _{in} para el taladro neumático	75
Ilustración 16: Comportamiento del taladro neumático funcionando para dos terrenos distintos.....	76
Ilustración 17: Mapa de ruido a 125 Hz. para el compresor.....	79
Ilustración 18: Mapa de ruido a 250 Hz. para el compresor.....	80
Ilustración 19: Mapa de ruido a 500 Hz. para el compresor.....	81
Ilustración 20: Mapa de ruido a 1000 Hz. para el compresor.....	82
Ilustración 21: Mapa de ruido a 2000 Hz. para el compresor.....	83

Ilustración 22: Mapa de ruido a 4000 Hz. para el compresor.....	84
Ilustración 23: Mapa de ruido a 8000 Hz. para el compresor.....	85
Ilustración 24: Comportamiento de SPL(A) en 1/3 de octava para el compresor ..	86
Ilustración 25: Comportamiento de SPL(Flat) en 1/3 de octava para el compresor	87
Ilustración 26: Comparación en 1/3 de octava de SPL(Flat) y SPL(A) para el compresor	88
Ilustración 27: Comparación en 1/3 de octava de LAmáx y LAmin para el compresor	89
Ilustración 28: Grado de molestia al ruido.....	92
Ilustración 29: Grado de molestia al ruido de ayudantes de obra	93
Ilustración 30: Edades de los trabajadores (ruido insoportable)	94
Ilustración 31: Resultados Pregunta No. 1	94
Ilustración 32: Análisis Pregunta No. 1	95
Ilustración 33: Resultado Pregunta No. 2	96
Ilustración 34: Resultado Pregunta No. 3	96
Ilustración 35: Análisis Pregunta No. 3	97
Ilustración 36: Resultado Pregunta No. 4	98
Ilustración 37: Análisis Pregunta No. 4	99
Ilustración 38: Resultado Pregunta No. 5	100
Ilustración 39: Resultado Pregunta No. 6	100
Ilustración 40: Resultado Pregunta No. 7	101
Ilustración 41: Análisis Pregunta No. 7	102
Ilustración 42: Resultado Pregunta No. 8	103
Ilustración 43: Resultado Pregunta No. 9	104
Ilustración 44: Análisis Pregunta No. 9	105
Ilustración 45: Resultado Pregunta No. 10	106
Ilustración 46: Análisis Pregunta No. 10	107

Ilustración 47: Resultado Pregunta No. 11	108
Ilustración 48: Resultado Pregunta No. 12	109
Ilustración 49: Resultado Pregunta No. 13	110
Ilustración 50: Resultado Pregunta No. 14	111
Ilustración 51: Resultado Pregunta No. 15	112
Ilustración 52: Resultado Pregunta No. 16.1	113
Ilustración 53: Resultado Pregunta No. 16.2	113
Ilustración 54: Análisis Pregunta No. 16.2	114
Ilustración 55: Resultado Pregunta No. 16.3	115
Ilustración 56: Análisis Pregunta No. 16.3	115
Ilustración 57: Comparación de niveles de ruido del compresor.....	119
Ilustración 58: Material acústico propuesto para el control de ruido en el compresor	120
Ilustración 59: Recubrimiento del compresor con material acústico	122
Ilustración 60: Atenuación protección auditiva ARSEG S.A.....	125
Ilustración 61: Protector auditivo tipo tapón 5300-1	126
Ilustración 62: Protector auditivo tipo tapón 5300-1	127
Ilustración 63: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo tapón 5300-1 para el taladro neumático.....	128
Ilustración 64: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo copa 9-098 para el taladro neumático	129
Ilustración 65: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo tapón 5300-1 para el compresor	129
Ilustración 66: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo copa 9-098 para el compresor	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones de medición para el taladro neumático.....	61
Tabla 2: Condiciones de medición para el compresor	62
Tabla 3. Niveles de ruido de fondo para el taladro neumático	63
Tabla 4. LeqA por cada punto de medición para el taladro neumático	64
Tabla 5. Niveles de ruido de fondo para el compresor.....	76
Tabla 6. LeqA por cada punto de medición para el compresor.....	78
Tabla 7. Perfil de los encuestados	91
Tabla 8. Análisis estadísticos de la encuesta	116
Tabla 9. Coeficientes de absorción del material	120
Tabla 10. Reducción de la transmisión del ruido	121

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de aval de la empresa CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.	141
--------------------------------------------------------------------------------	-----

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

Actualmente se puede contar con las normativas vigentes en el país, la información para diferentes maneras de control de ruido en cualquier tipo de maquinaria, la información que poseen las Asesoras de Riesgos Profesionales acerca del tema, los manuales, diagnósticos o recomendaciones realizados a nivel nacional o internacional, la información que se encuentra en el Ministerio de Protección Social, en el Sistema General de Riesgos Profesionales y OSHA 18000 (THE OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION). Por ejemplo, en Estados Unidos tienen derecho a una compensación las personas que sufren una pérdida de audición debido a la exposición al ruido ocupacional, por lo que se han realizado estudios donde se comparan las poblaciones industriales expuestas al ruido con otras que no lo están y se evidencian daños auditivos en la primera población mencionada.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Algunas empresas constructoras del país carecen de información acerca de los problemas que puede causar la generación de ruido en la salud y bienestar de sus trabajadores. ¿Cómo se puede prevenir la pérdida de audición en trabajadores causada por el ruido generado en construcciones civiles? Aunque la empresa puede contar con un programa de salud ocupacional, por lo general este programa es muy superficial y no especifica que tipo de protección debe utilizar quien labora o utiliza diferentes clases de maquinaria ni mucho menos de que manera se controla el ruido desde la misma fuente. Además, no se conocen los riesgos que

pueden llegar a tener cada trabajador, dependiendo del tiempo de exposición al ruido y su edad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de realizar una propuesta de control de ruido generado por maquinaria para construcción es de gran magnitud, ya que todas las empresas deben velar por la integridad física de sus trabajadores, proporcionando un mejor desempeño a cada uno y colaborando para un mejor desarrollo del país. Aunque no sea del conocimiento de la mayoría de las constructoras, el ruido generado por la maquinaria que manipulan los obreros es de un nivel muy alto, por lo que puede perjudicar la audición. Es de gran utilidad que cualquier empresa ponga en práctica las recomendaciones de un manual que brindaría soluciones sencillas para evitar problemas en la salud de quienes se ven perjudicados por su labor. Para llevar a cabo el proyecto, se cuenta con suficiente información (desde la teoría hasta normas y resoluciones de límites permisibles y recomendaciones), suficiente disponibilidad y suficientes recursos humanos, institucionales y físicos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de ruido generado por maquinaria en la empresa **CONSTRUCCIONES KYOTO EU.**

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar mediciones de ruido generado por la maquinaria y encuestas subjetivas a los trabajadores para corroborar el impacto que produce la exposición a este fenómeno.
- Realizar una propuesta de control de ruido en las fuentes.
- Establecer condiciones de trabajo seguras con respecto a la exposición de ruido para evitar problemas en la salud de los trabajadores, según la legislación colombiana.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1. ALCANCES

La propuesta para el control de ruido generado por maquinaria se realizará por medio de varias mediciones en lugares donde la empresa este construyendo, se medirán varias fuentes causantes de ruido (según las respectivas normas), se analizarán y luego se procederá a redactar todo lo relacionado con dicho control para prevenir los problemas que las exposiciones de ruido le causa a las personas que se encuentran expuestas a esto.

1.5.2. LIMITACIONES

Las limitaciones más notorias que se podrán presentar durante el desarrollo del proyecto están señaladas a continuación.

- Normas: en Colombia no se cuenta con normas de alta calidad para las mediciones, por lo que se tendrán en cuenta normas internacionales para que las mediciones puedan ser confiables.

- Las condiciones para realizar las mediciones de ruido en un ambiente laboral como lo es el de la construcción no son las óptimas debido a factores propios de llevar a cabo procesos como excavaciones o demoliciones, las cuales implican suciedad, barro, polvo, etc.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

ONDAS SONORAS

El sonido se origina por la radiación de energía procedente de una fuente sonora y se transmite en forma de ondas. En relación con las ondas sonoras hay que considerar dos factores importantes. Primero que la energía se transporta a través del aire mediante ondas y segundo que el oído es sensible a las ondas, lo que significa que las variaciones de presión del aire excitan a los nervios situados en el oído interno. Las ondas sonoras que viajan en el aire son de tipo longitudinales, o sea que se desplazan en la misma dirección que el movimiento que las generó. Todas las características de las ondas como la frecuencia, la longitud de onda, etc., son en cierto grado análogas a las del sonido. Por ello, el uso de analogías entre ondas y sonido puede ayudar a visualizar e interpretar los fenómenos acústicos. Así, las leyes de reflexión, difracción y transmisión son fácilmente

demostrables en óptica mediante espejos, lentes, prismas, resultando por tanto que las leyes acústicas pueden comprenderse más fácilmente¹.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS SONORAS

Longitud de onda: es la distancia perpendicular entre dos frentes de onda que tienen la misma fase. Esta longitud es la misma distancia que la recorrida por la onda sonora en un ciclo completo de vibración. La longitud de onda, que se designa mediante la letra griega lambda, λ , está relacionada con la frecuencia y la velocidad del sonido y se expresa en metros o pies. En muchos problemas de control de ruido, la longitud real de las ondas sonoras no es una consideración importante, sino que más bien lo es la proporción entre la longitud de onda y alguna otra dimensión. Las propiedades direccionales de la fuente de un sonido dependen de la relación entre la longitud de onda del sonido radiado y las dimensiones de la fuente².

Frecuencia: fenómeno periódico; número de veces que se repite a sí mismo en un segundo (*ciclos por segundo*). Es designada mediante un número seguido de la unidad *herzio* (Hz)

Frente de onda: de una onda progresiva en el espacio, una superficie continua en que la fase es la misma para un instante determinado. Plano perpendicular a la dirección de propagación donde las presiones, desplazamientos de partículas y cambios de densidad instantáneos tienen la misma fase y amplitud³.

¹ Rejano de la Rosa, Manuel, Ruido Industrial y Urbano, Cap. 1, Pág. 3.

² Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido, Vol. I, Cap. 1, Págs. 4 y 5

³ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 2, Pág. 8

TIPOS DE ONDA⁴

Onda esférica: es la que se produce por una fuente de sonido radiando igual cantidad de energía en todas las direcciones. Ejemplo: una fuente monopolo.

Onda plana: es aquella en la cual la propagación de los frentes de onda es paralela los unos con los otros. Ejemplo: la onda producida por un pistón oscilando en un tubo largo.

Onda estacionaria: es aquella que es producida por la interferencia constructiva de dos o más ondas sonoras, aumentando un patrón de presión máxima que es invariable en el tiempo. Se da en tubos, instrumentos musicales, órganos y en volúmenes largos (recintos).

Onda divergente: es una onda en la cual la energía sonora se distribuye en un área cada vez más grande a medida que se va alejando de la fuente. La intensidad sonora disminuye a medida que se aleja de la fuente; es la misma energía pero distribuida en una mayor área.

Onda progresiva: es una onda en la cual la transferencia de energía se realiza en la dirección de propagación de la onda sonora.

⁴ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

FUENTES SONORAS

Fuente puntual: fuente de sonido cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con la longitud de onda del sonido irradiado. Dicha fuente irradia sonido como si lo hiciera un punto único⁵.

Fuente plana: fuente cuyo frente de onda mantiene constante su superficie y la energía a medida que se propaga en el tiempo y en el espacio, por ejemplo, las generadas dentro de un tubo.

Fuente esférica: fuente cuyo frente de onda diverge la energía a medida que se propaga en el tiempo y en el espacio, o sea que no mantiene la superficie constante. Como consecuencia directa de esto es la atenuación de la amplitud de la presión y la intensidad sonora a medida que un observador (oyente) se aleja de la fuente.

Fuente cilíndrica: son fuentes cuyas sumatoria de frentes de onda se generan conformando un cilindro, es decir, la combinación de una semiesfera, extendiéndose a lo largo de un eje y a una distancia de radio "r". Al igual que las fuentes esféricas, no mantiene la superficie constante ni en el tiempo ni en el espacio.

⁵ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 1, Pág.15

RUIDO

El ruido representa un importante problema ambiental para el hombre, desde tiempos pasados hasta la actualidad. En el Imperio Romano ya existían reglas relativas al ruido emitido por las ruedas de hierro de los carros, que al rozar con las piedras del pavimento, podían molestar a los ciudadanos y en la Europa Medieval se prohibió el uso de los carruajes en ciertas ciudades durante la noche, con el fin de asegurar un sueño tranquilo a sus habitantes. El ruido es un elemento distorsionador que invade el ambiente que nos rodea produciendo un deterioro de la calidad medioambiental, constituyéndose hoy día como uno de los contaminantes atmosféricos más agresivos, estando la contaminación por ruido considerada uno de los mayores problemas medioambientales, ya que no solo causa un deterioro del medio ambiente, si no que es causa de trastornos físicos (perdidas de audición) y de desequilibrios psicológicos en las personas sometidas a ciertos niveles de ruido⁶.

Se define como cualquier sonido indeseable o como contaminante físico que consiste en una mezcla compleja de sonidos de frecuencias diferentes, que produce una sensación auditiva considerada molesta o incómoda y que con el paso del tiempo y por efecto de su reiteración, puede ser perjudicial para la salud de las personas. De igual manera representa un riesgo laboral para la salud, provocando una sensación irritante y desagradable. El ruido puede ser originado por:

⁶ <http://www.elruido.com/divulgacion/curso/index.htm>, La Web del Ruido.

Conglomerados urbanos.

Transporte aéreo y terrestre: Aviones, Automóviles, Pasajeros, Cargas, Ferrocarriles.

Actividades: Industrias, Talleres, Construcción, Comercios, Espectáculos.

Agentes Atmosféricos: Viento, Lluvia, Granizo.

Personas: Juegos, Pisadas, Conversaciones, Reuniones Sociales.

Causas Esporádicas: Sirenas de los Sistemas de Emergencia, Ladridos, etc.⁷

TIPOS DE RUIDO

Toda clase de ruido se considera como una señal deseada cuando se va a medir (momentáneamente). Para que las medidas sean significativas, el nivel de ruido de fondo deberá estar por lo menos 10 dB por debajo del nivel de la señal. La relación entre dichos niveles es llamada *relación señal/ruido*.

Ruido de fondo: es el ruido circundante, asociado con un entorno dado siendo generalmente una composición de sonidos de muchas fuentes cercanas o lejanas⁸.

Ruido aleatorio: es una cantidad fluctuante, cuyas amplitudes instantáneas aparecen, como función del tiempo, de acuerdo con una distribución (gaussiana)⁹ (Figura 1).

⁷ Ruffa, Francisco, Memorias.

⁸ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

⁹ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

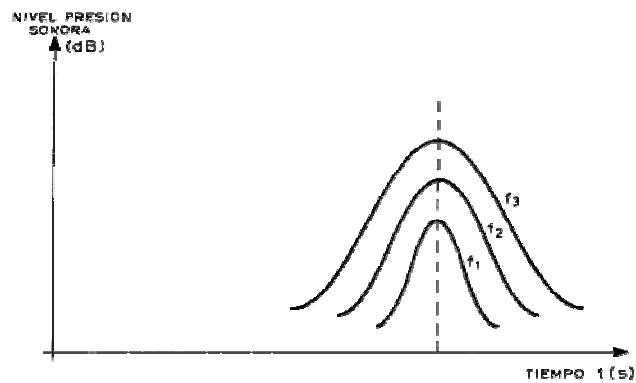


FIGURA 1. Representación gráfica del ruido aleatorio.

Ruido continuo constante: es aquel cuyo nivel de presión sonora medido en bandas de octava, no fluctúa a lo largo del tiempo¹⁰ (Figura 2).

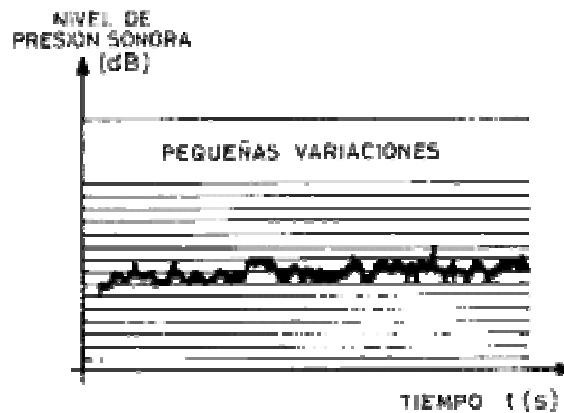


FIGURA 2. Representación gráfica del ruido continuo constante.

Ruido constante pero intermitente: es análogo al continuo, pero fluctuando en un margen moderado a lo largo del tiempo¹¹ (Figura 3).

¹⁰ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

¹¹ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

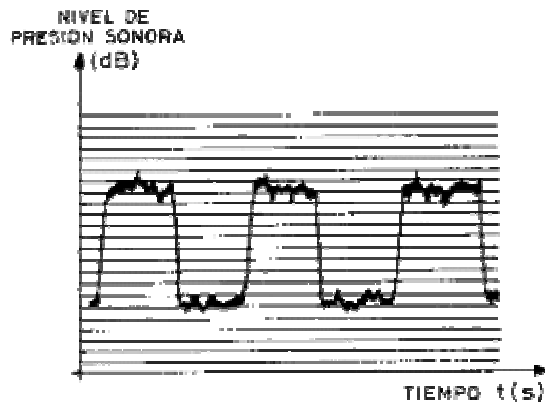


FIGURA 3. Representación gráfica del ruido constante pero intermitente.

Ruido fluctuante periódicamente: es análogo al continuo, pero fluctuando periódicamente con el tiempo¹² (Figura 4).

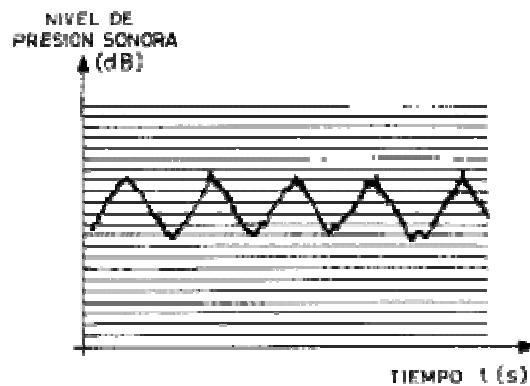


FIGURA 4. Representación gráfica del ruido fluctuante periódico.

Ruido fluctuante no periódico: de características análogas a los anteriores, pero con largas fluctuaciones irregulares no periódicas¹³ (Figura 5).

¹² Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

¹³ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

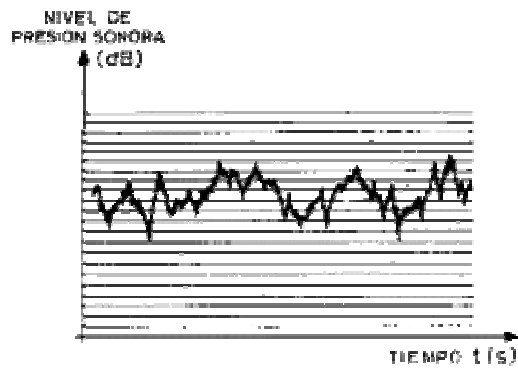


FIGURA 5. Representación gráfica del ruido fluctuante no periódico.

Ruido impulsivo repetitivo: es aquel que presenta *impulsos repetidos análogos*¹⁴(Figura 6).

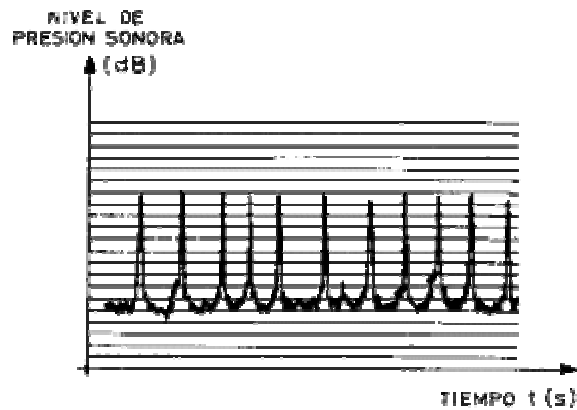


FIGURA 6. Representación gráfica del ruido impulsivo repetitivo.

Ruido impulsivo simple: es el que presenta *impulsos aislados*¹⁵ (Figura 7).

¹⁴ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

¹⁵ Recuero, Manuel, Ingeniería Acústica, CD Rom.

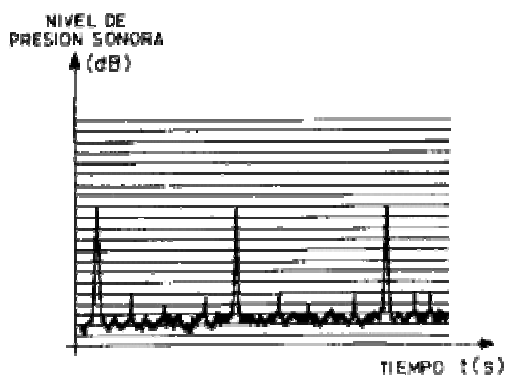


FIGURA 7. Representación gráfica del ruido impulsivo simple.

Ruido ambiental: se caracteriza por el conjunto de sonidos generados por focos próximos y lejanos al medio ambiente. Así se distingue entre el ruido ambiental de tráfico y el ruido ambiental industrial según lo provoquen los vehículos o las maquinas¹⁶.

Ruido estable: se considera estable al ruido cuyo nivel de presión sonora permanece constante durante el tiempo de exposición. La medición se realiza en respuesta lenta; oscila en un intervalo de 5dB. Ejemplos típicos son los producidos por transformadores, equipos de aire acondicionado y equipos de carpintería¹⁷.

NIVEL DE RUIDO EQUIVALENTE (LAeq)

El nivel sonoro medido en dBA de un ruido supuesto continuo y constante durante toda la jornada, cuya energía sonora sea igual a la del ruido variable medido a lo largo de la misma.

Desde el punto de vista matemático, esto se expresa como una sumatoria:

¹⁶ Rejano de la Rosa, Manuel, Ruido Industrial y Urbano, Cap. 3, Pág. 40.

¹⁷ Rejano de la Rosa, Manuel, Ruido Industrial y Urbano, Cap. 3, Pág. 40.

$$LA_{eq} = 10 \text{ Log} \left[\frac{1}{T} \times \sum n(t_i) \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$$

Donde

$$T = \sum t_i$$

Esta sumatoria expresa que el nivel equivalente LA_{eq} , será igual al nivel integrado (L_i) en el intervalo de tiempo de medición¹⁸.

EXPOSICIÓN SONORA

La exposición sonora es una cantidad (índice) que es proporcional a la energía acústica que está presente en un punto durante cierto período de tiempo. Al igual que la energía eléctrica, que se mide en kilovatios/hora y representa el producto de la potencia que se transmite por la duración del tiempo de transmisión, la exposición sonora es equivalente al producto de la potencia acústica incidente sobre un receptor (por ejemplo un micrófono o un oído) por la duración del tiempo de exposición¹⁹.

DOSIS DE RUIDO

La *dosis de ruido* es una medida de la exposición al ruido a que está sometida una persona. A diferencia de la exposición sonora, que es proporcional a la energía acústica presente en un lugar, el concepto de dosis de ruido no tiene interpretación física. La dosis de ruido es una cantidad que se desarrolló para

¹⁸ Ruffa, Francisco, Memorias.

¹⁹ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 12, Pág.1

evaluar la exposición al ruido en los centros de trabajo como protección contra la pérdida de la audición.

Suele expresarse como un porcentaje de la exposición diaria máxima permisible al ruido; es una combinación de un nivel sonoro continuo equivalente estable con ponderación A y la duración de la exposición correspondiente. Dependiendo de cómo se defina en una norma o regla, la medida de la dosis de ruido puede ser equivalente a la medida de una exposición al ruido. Hay que prestar una atención cuidadosa a las definiciones de las cantidades medidas porque la dosis de ruido, definida de diferente manera, ha sido utilizada como sinónimo de exposición sonora.

Las medidas de las dosis de ruido implican consideraciones sobre los conceptos de tasa de intercambio, nivel sonoro criterio, umbral del nivel sonoro y exposición diaria máxima permisible al ruido.

Tasas de intercambio: expresa cuánto tendría que aumentar (o descender) el nivel sonoro para mantener una medida seleccionada de riesgo de pérdida de audición cuando se duplica la duración de la exposición (o se reduce a la mitad). Se usan tasas de intercambio de 3, 4 y 5 dB para cambios en el nivel sonoro correspondiente a la duplicación (o reducción a la mitad) de la duración a la exposición.

Nivel sonoro criterio: es la medida normalizada de 8 horas. Es un nivel sonoro con ponderación A que corresponde a la máxima exposición diaria al ruido permitida especificada en una norma o regla. Se utilizan niveles sonoros criterio de 85 dB y 90 dB.

Umbral del nivel sonoro: es el nivel sonoro con ponderación A especificado por el fabricante de un aparato de medición de la dosis de ruido por debajo del cual el instrumento no produce ninguna indicación significativa. El umbral del nivel sonoro debe estar al menos 5 dB por debajo que el nivel sonoro criterio correspondiente.

Exposición al ruido diaria máxima permitida: se basa en una exposición sonora máxima (nivel sonoro con ponderación A, tasa de intercambio de 3 dB, sin ponderación exponencial de tiempo) o en una dosis máxima de ruido [basada en un nivel sonoro con ponderación A por encima de un nivel sonoro criterio especificado, tasas de intercambio de 3, 4 ó 5 dB; y con ponderación temporal exponencial lenta (*slow*), en cumplimiento de los requisitos de la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) de EE.UU.]²⁰

PERCENTILES

Nivel sonoro ponderado A, medido en condiciones de registro rápido (*fast*), igualado o superado por un nivel sonoro fluctuante, en un determinado porcentual N del tiempo de medición establecido.

L10: representa el nivel sonoro que es excedido en el 10% del tiempo total de medición.

L50: representa el nivel sonoro que es excedido en el 50% del tiempo total de medición, es decir, muestra la mediana de los valores medidos.

L90: representa el nivel sonoro que es excedido en el 90% del tiempo total de medición²¹.

MAPAS DE RUIDO

Los mapas de ruido son registros georreferenciados de los niveles sonoros u otra información acústica pertinente obtenidos en un área geográfica determinada. Pueden obtenerse por medición, por simulación, predicción o cálculo, o en forma mixta, midiendo algunos valores y calculando otros por extrapolación e interpolación a partir de modelos matemáticos o físicos.

²⁰ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 12, Págs. 6, 7 y 8

²¹ Ruffa, Francisco. Memorias.

Cuando se miden sirven como relevamiento o herramienta diagnóstica para detectar problemas a corregir o zonas a proteger. Cuando se calculan, los mapas de ruido permiten realizar estudios prospectivos de impacto acústico, lo cual es útil para la planificación urbana, los proyectos de urbanización y de infraestructura vial, etc.²²

CONTROL DE RUIDO

Tecnología para obtener un nivel de ruido aceptable, dependiendo de condiciones económicas y operativas. Los problemas en el control de ruido se representan en tres partes principales: fuente, vía y receptor.

PRESIÓN SONORA PICO

Es la presión sonora instantánea máxima que se produce durante un período de tiempo determinado. La presión sonora pico debe medirse sin ponderación de frecuencia ni ponderación temporal exponencial y debe incluir todos los componentes de frecuencia dentro de la anchura de banda del sistema de medición del sonido²³.

CARACTERÍSTICAS DE LA AUDICIÓN

Respuesta auditiva: es notable la amplia gama de presiones sonoras y frecuencias a través de las cuales el oído recibe información útil. Habitualmente, el lenguaje hablado y la música se centrarían en esta zona. El área de sensación auditiva limita, a niveles bajos de presión sonora, con el umbral de la audición, y a

²² PDF, Varios Autores, Información espectral en mapas de ruido: un estudio exploratorio, Págs. 3 y 4

²³ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 12, Pág. 11

niveles muy altos, con el umbral de malestar, “sensación de tacto” y dolor. Los límites de frecuencia no están bien definidos. A menudo, se considera que el límite de las frecuencias altas esta en 20.000 Hz, pero varía notablemente de una persona a otra. Habitualmente decae con la edad y puede estar afectado negativamente por la exposición al ruido. El límite de las frecuencias bajas suele especificarse a 20 Hz, pero el sistema auditivo puede responder a frecuencias inferiores²⁴.

Umbral de la audición: para un sonido especificado, el *umbral de audición* (también conocido como *umbral de audibilidad*) es el nivel de presión sonora mínimo capaz de evocar una sensación auditiva. Para una persona, el umbral no es un límite preciso, sino que se define en términos de la probabilidad de que el sonido sea oído. La probabilidad suele considerarse del 50 por 100, salvo que se especifique de otra manera. El umbral depende de las características del sonido (tales como la frecuencia), de la forma en que se presente al oyente (auriculares, altavoz con el oyente de cara a la fuente, etc.) y del punto en el que se mida el nivel de presión sonora (a la entrada del canal auditivo, en campo libre en ausencia del oyente, etc.). Un umbral medido en presencia de ruido se denomina *umbral enmascarado* y depende del nivel del ruido de fondo. Hay que especificar todos los factores anteriores para describir un umbral²⁵.

Umbral del mínimo campo audible (MAF): es el nivel de presión sonora del umbral de audición en jóvenes adultos con audición normal, medido en un campo libre, en la posición de la cabeza del oyente, pero en ausencia de este. Se determina para los tonos puros con el oyente frente a la fuente y escuchando con ambos oídos. Depende de la dirección de llegada del sonido, debido a los efectos de difracción de la cabeza y el oído externo.

²⁴ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 4

²⁵ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 5

Los umbrales del campo audible mínimo son importantes para el control del ruido porque muchas personas están expuestas al ruido bajo condiciones esencialmente de campo libre. El MAF se ha establecido a partir de medidas con oyentes normales (personas que no tienen historial de problemas auditivos) y personas jóvenes (entre 18 y 25 años), para quienes la presbiacucia no es un factor relevante. La sensibilidad auditiva varía considerablemente entre los oyentes normales. Puede incluso ser distinta para cada uno de los oídos de una persona²⁶.

Umbral de mínima presión audible (MAP): es el nivel de presión sonora para el umbral de audición en jóvenes adultos con audición normal, medido mediante la presentación del sonido a un oído a través de auriculares. El umbral de mínima presión audible se determina retirando el auricular del oído del oyente y colocándolo de forma que envíe el sonido a una cavidad de paredes sólidas, cuyo volumen es equivalente al que cierran el auricular y su almohadilla cuando se coloca sobre el oído del oyente. El nivel de presión sonora desarrollado en esta cavidad se controla mediante un micrófono²⁷.

Umbrales de malestar, tacto y dolor: el oyente medio experimenta malestar significativo en un campo libre a niveles de presión sonora por encima de 120 dB. A un nivel de aproximadamente 140 dB, el malestar alcanza el punto del dolor. La gran magnitud del movimiento del tímpano y de los componentes del oído medio a niveles de presión sonora próximos a 130 dB producen a menudo una sensación táctil o de cosquilleo²⁸.

²⁶ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 6

²⁷ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Págs. 6 y 7

²⁸ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 7

Sonoridad: es el atributo de los sonidos, percibido subjetivamente, que permite al oyente ordenar su magnitud sobre una escala, de bajo a alto. Dado que es una sensación en el interior del oyente, no es susceptible de una medida física directa. En lugar de ello, el procedimiento básico de medida es subjetivo; en él, los oyentes tienen que realizar enjuiciamientos sistemáticos con respecto a sonidos de referencia con niveles de presión sonora conocidos²⁹.

Enmascaramiento: proceso mediante el cual el umbral de audibilidad de un sonido, la *señal*, se eleva en presencia de otro sonido (enmascarador). El enmascaramiento es a menudo un problema crucial en la seguridad, como en una fábrica, donde el ruido puede enmascarar el sonido de una señal de alarma, o en una calle de ciudad, en que el ruido puede enmascarar un vehículo que se acerca. A menudo, es importante determinar si un sonido concreto, como una señal de aviso o alarma, será audible. Para que se oiga, su nivel de presión sonora debe igualar o superar: (1) el umbral de audición del oyente y (2) el umbral enmascarado para la señal concreta sobre el ruido de fondo existente³⁰.

Localización Auditiva: es la capacidad del sistema auditivo para localizar la *dirección* de una fuente de sonido. Habitualmente no se relaciona con la distancia a la fuente³¹.

Presbiacucia: es la pérdida de la audición que tiene lugar al aumentar la edad. Esta pérdida se produce incluso en personas que son otológicamente normales y no han sido expuestas a elevados niveles de ruido laboral. Para una persona media, la presbiacucia puede empezar a aparecer a edades tan tempranas como

²⁹ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 9

³⁰ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 18

³¹ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 22

los veinte años, ocurriendo principalmente en frecuencias altas. La figura 8 muestra que esta pérdida es mayor que en hombres que en mujeres³².

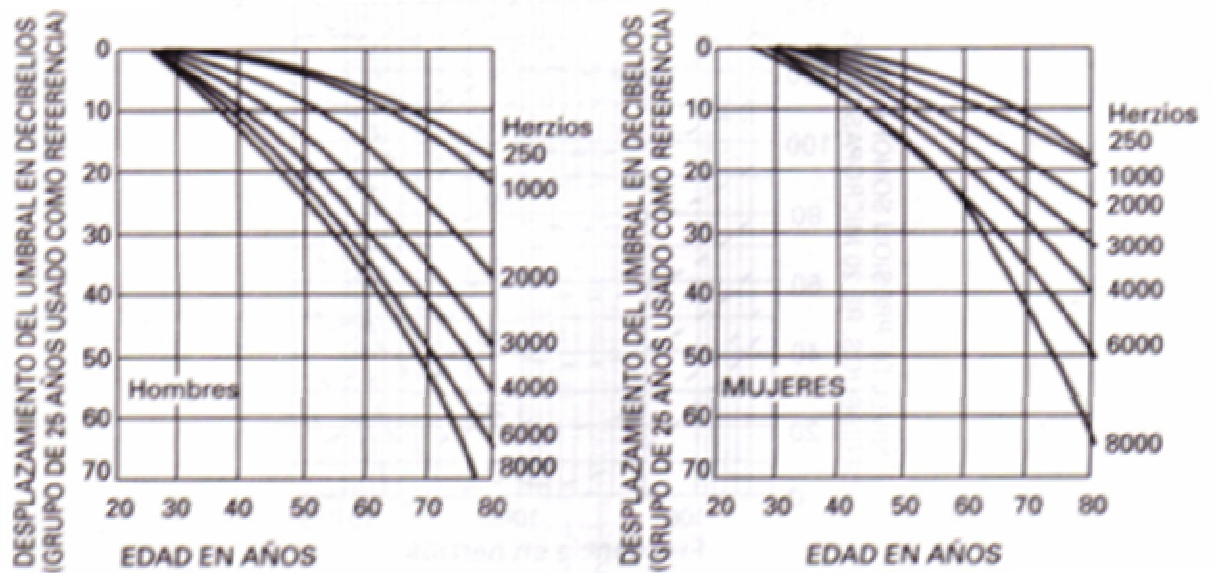


Figura 8. Dependencia entre la audición y la edad. Las funciones están basadas sobre varios estudios y representan la mediana del nivel auditivo para una gran muestra internacional de personas no expuestas a ruido laboral.

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LAS PERSONAS

La exposición a niveles muy altos de ruido durante mucho tiempo puede causar pérdidas auditivas; pueden ser recuperables pero posteriormente llegan a ser irreversibles, convirtiéndose en sorderas profesionales.

³² Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 17, Pág. 9

Desplazamiento Temporal de la Audición (TTS – Temporal Threshold Shift):

se refiere a la pérdida en la audición que se puede recuperar después de un periodo de tiempo de descanso³³.

Desplazamiento Permanente de la Audición (PTS – Permanent Threshold Shift):

cuando la exposición del ruido continúa, el desplazamiento temporal se agrava y aparece un desplazamiento permanente de la audición. Al principio el desplazamiento se registra a 4000 Hz y posteriormente, después de años de exposición las frecuencias afectadas aparecen en el entorno de los 2000 Hz³⁴.

Hipoacusia: cambio del umbral auditivo, objetivable por audiometría. Sin embargo, cualquier oído sometido a un sonido de intensidad suficiente se fatiga y sufre un aumento de dicho umbral que se recupera en un plazo de tiempo entre 12 y 16 h. (TTS)³⁵.

Trauma Acústico: (daño orgánico inmediato del oído por excesiva energía sonora) se restringe a los efectos de una exposición única o relativamente pocas exposiciones a niveles muy altos de presión sonora. El ruido extremadamente intenso que llega a las estructuras del oído interno puede sobrepasar los límites fisiológicos de éstas, produciendo la rotura completa y alteración del órgano de Corti. Por ejemplo, una explosión puede romper el tímpano, dañar la cadena de huesecillos y destruir las células sensoriales auditivas. Por lo general, como resultado del trauma acústico suele producirse cierto grado de pérdida de audición permanente³⁶.

³³ Rejano de la Rosa, Manuel, Ruido Industrial y Urbano, Cap. 6, Pág. 115.

³⁴ Rejano de la Rosa, Manuel, Ruido Industrial y Urbano, Cap. 6, Pág. 115.

³⁵ http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_287.htm, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Gaynés Palou, Eduardo.

³⁶ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 18, Págs. 1 y 2

Acúfenos: Son sensaciones auditivas provocadas por la exposición a sonidos intensos durante mucho tiempo.

RECUPERACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO TEMPORAL DEL UMBRAL

Inmediatamente después de que cesa la exposición al ruido, hay un periodo de rápida recuperación del umbral, alcanzando el desplazamiento un mínimo en el intervalo entre 1 y 1/12 minutos después de la exposición (Figura 9). El desplazamiento del umbral aumenta entonces hasta otro máximo que se produce aproximadamente 2 minutos después de la exposición; luego continua la recuperación de una forma más ordenada. Al máximo secundario en este patrón de recuperación se le denomina *efecto de recuperación*. Este patrón de recuperación puede variar de una persona a otra, pero es muy repetitivo, tal y como se muestra en la figura mediante las curvas de recuperación de dos sujetos. Estas curvas muestran la recuperación de las exposiciones repetidas al mismo sonido. La complejidad de esta fase temprana de la recuperación es la razón de que las medidas de los desplazamientos temporales de umbral se hagan una vez finalizados los efectos a corto plazo, habitualmente 2 minutos después de la exposición al ruido³⁷.

³⁷ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 18, Pág. 12

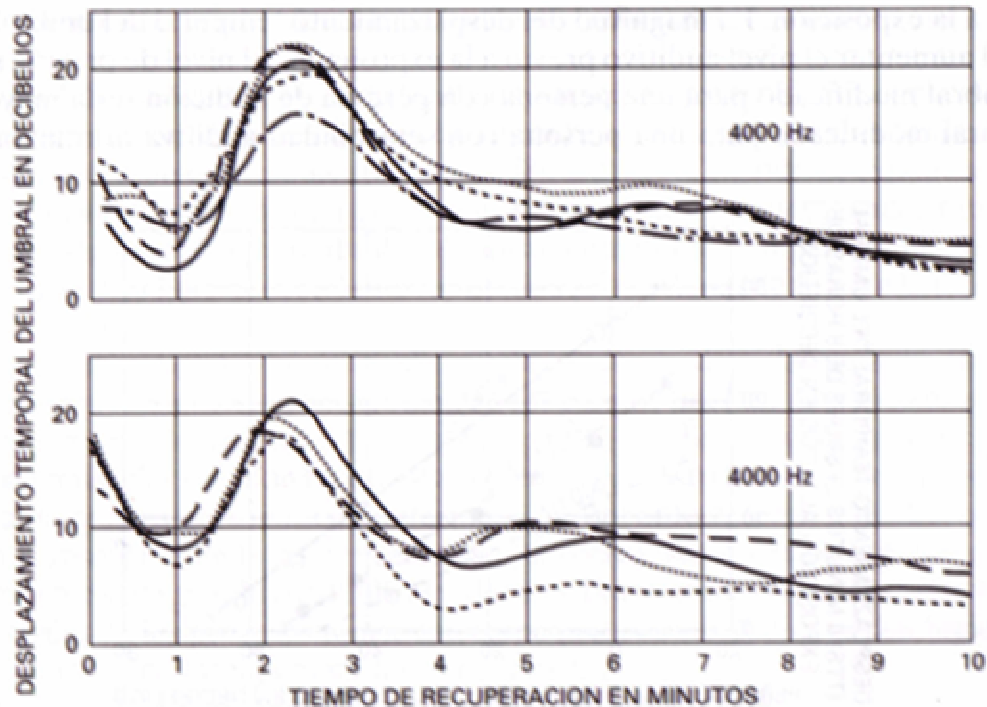


FIGURA 9. Recuperación temprana del desplazamiento temporal de umbral a 4000 Hz. La exposición fue a 500 Hz, a un nivel de presión sonora de 120 dB durante 3 minutos. Este patrón de recuperación es muy repetitivo, como evidencia el parecido entre las curvas de recuperación de dos sujetos.

Si la recuperación de los umbrales auditivos previos a la exposición se completa en las 16 horas siguientes a la misma y el desplazamiento temporal del umbral es igual o inferior a 40 dB, el patrón de recuperación del desplazamiento temporal de umbral es lineal cuando el tiempo se registra en una escala logarítmica, (curva A, Figura 10). Esta situación es la contraria a la del patrón de recuperación cuando el desplazamiento temporal del umbral se produce: (1) por una exposición única y supera a los 40 dB, (2) por la exposición intermitente al ruido a frecuencias altas, o (3) por la exposición a niveles moderados (80 a 90 dB) para duraciones relativamente largas (16 a 48 horas). Bajo estas condiciones, el desplazamiento

temporal del umbral se reduce (aproximadamente) un número dado de decibelios para una unidad determinada de tiempo; si se emplea una escala logarítmica de tiempo para registrar la recuperación de la sensibilidad del umbral auditivo, los resultados que se obtienen se ilustran en la curva B, figura 10. Cuando el nivel sonoro es extremadamente alto, o extremadamente largo, puede que la sensibilidad auditiva no vuelva completamente a su valor original y la pérdida de audición sea permanente (curva C, figura 10)³⁸.

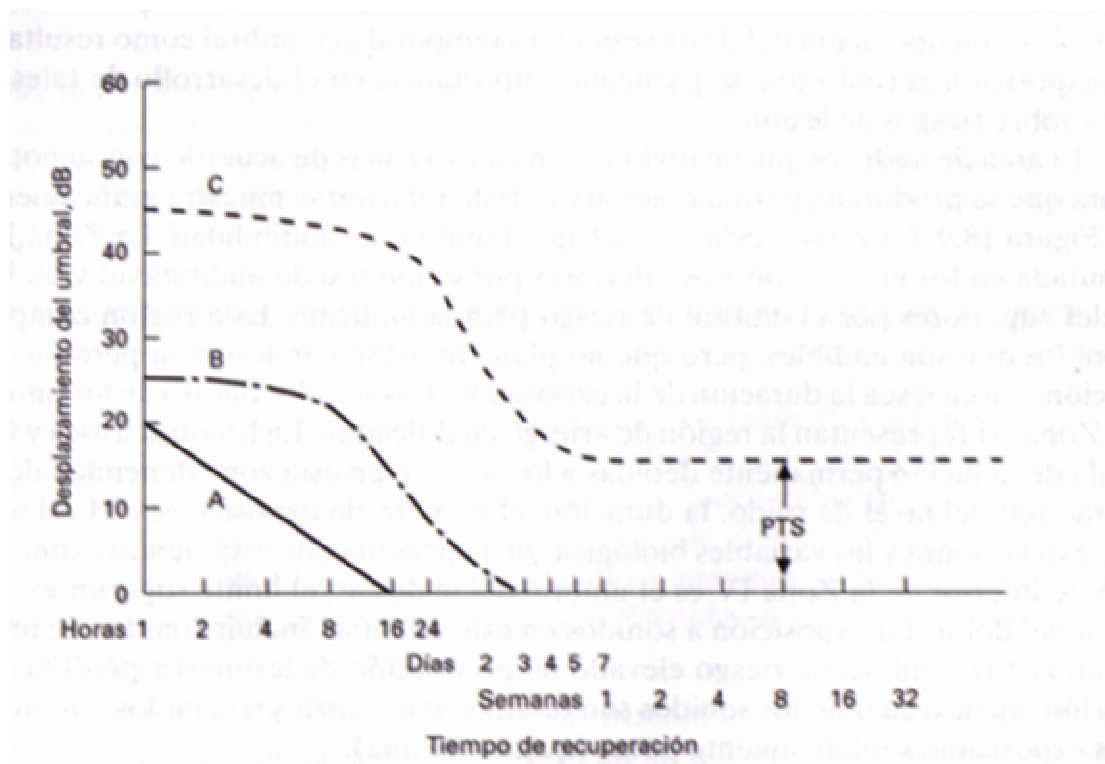


FIGURA 10. Patrones ideales de recuperación del desplazamiento temporal del umbral. La curva A (línea continua) representa la recuperación ideal como una función del logaritmo de tiempo de recuperación; la curva B (línea de guiones y puntos) muestra la recuperación retrasada; la curva C (línea a trazos) muestra la recuperación retrasada incluyendo el desplazamiento permanente del umbral.

³⁸ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 18, Pág. 13

EFFECTOS DEL ESPECTRO DE RUIDO

La relación entre la pérdida de audición y la exposición al ruido depende del espectro de este. Los resultados de un estudio mostraron que el desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido a 1000 y 2000 Hz se correlacionaba con el nivel de presión sonora de la banda de octava de 425 Hz; la pérdida de audición a 4000 Hz se correlacionaba con el nivel de la octava de 1700 Hz. Al igual que en los desplazamientos temporales del umbral, el efecto máximo de una exposición concreta al ruido se encuentra a frecuencias que están por encima del espectro de la frecuencia del ruido actuante. El oído es más resistente a los sonidos de baja frecuencia que a los de frecuencias medias y altas, principalmente porque la respuesta del sistema conductor mecánico (oído externo y medio) no es tan sensible a las bajas frecuencias³⁹.

DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Los trabajadores que han sido expuestos al mismo ruido durante una vida laboral de, al menos, 40 años muestran patrones consistentes de pérdida de audición. Para las frecuencias que manifiestan desplazamientos permanentes máximos del umbral (de 3000 a 6000 Hz), las pérdidas auditivas aumentan rápidamente a lo largo de los primeros 10 a 15 años de exposición y después tienden a estabilizarse, mientras se mantiene la misma exposición durante un período de 40 a 50 años. La pérdida de audición no aumenta tan rápidamente a frecuencias inferiores (500, 1000 y 2000 Hz), sino que sigue creciendo durante el período de exposición. Esto se ilustra en la figura 14. Se produce un rápido desarrollo de una pérdida de audición permanente y un nivelamiento posterior, por encima de los 10 años de exposición, a 3000 y 4000 Hz; a 1000 y 2000 Hz, la pérdida de audición

³⁹ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 18, Pág. 18

progresar más lentamente, pero continúa durante todo el período de exposición. Estos datos indican que la pérdida de audición para el lenguaje hablado (indicado por la pérdida media en las tres frecuencias de examen de 500, 1000 y 2000 Hz) tiende a progresar lenta, pero continuamente, mientras la persona siga expuesta al mismo ruido peligroso⁴⁰.

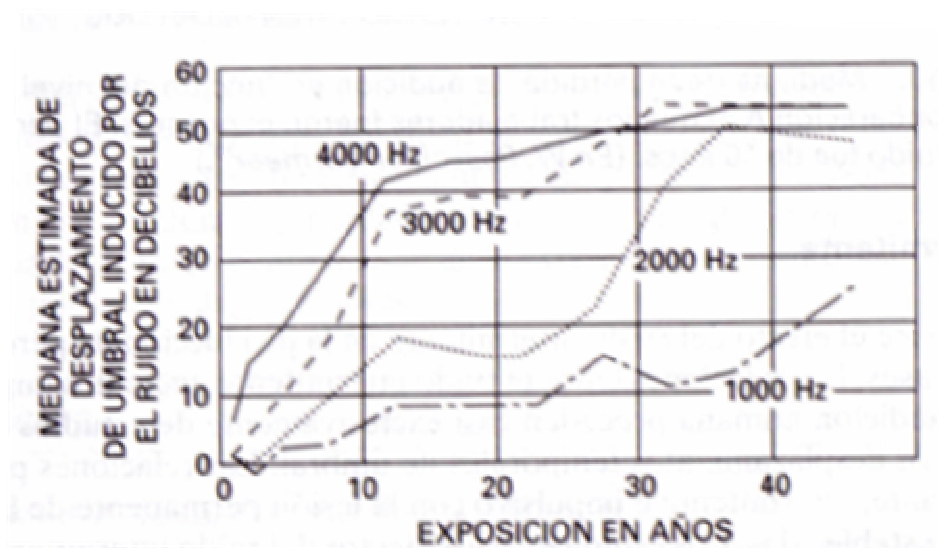


FIGURA 11. Desplazamiento de umbral permanente inducido por el ruido en función de la duración de la exposición al ruido para varias frecuencias de examen.

APARATOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

En muchos ambientes ruidosos, no resulta práctico, económico o factible, reducir el ruido hasta un nivel aceptable para los oídos de las personas expuestas, salvo mediante el empleo de aparatos individualizados de protección auditiva. Un *aparato de protección auditiva*, también denominado protector auditivo, es un aparato personal (por ejemplo, un tapón para los oídos, un auricular o un casco)

⁴⁰ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 18, Pág. 18 y 19

que se utiliza para reducir la audición peligrosa y/o los efectos subjetivos molestos del sonido⁴¹.

TIPOS DE APARATOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

Los protectores auditivos son ampliamente utilizados por la industria, el gobierno y el ejército, en actividades recreativas, deportivas y en el hogar.

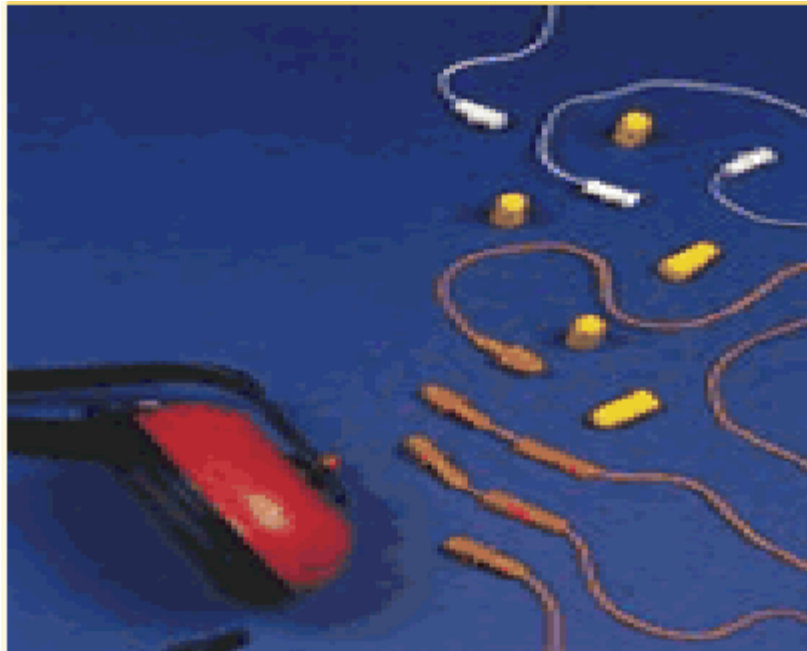


FIGURA 12. Tipos de aparatos que proporcionan protección auditiva, fabricados por ARSEG S.A.

TAPONES PARA LOS OÍDOS

Un tapón para los oídos es un aparato de protección auditiva que se coloca en el canal externo del oído (se denomina *tapón auditivo insertado*). Los tapones

⁴¹ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 21, Pág. 1

premoldeados se fabrican en uno o más tamaños normalizados, diseñados para adaptarse a los oídos de la mayoría de las personas. Un *tapón auditivo moldeable* por el *usuario* esta hecho de un material flexible y moldeado por el usuario para ajustarse dentro de su canal auditivo, en donde forma un sello acústico. Un tapón auditivo diseñado para el usuario se fabrica individualmente para ajustarse al oído particular de cada usuario. Los tapones para los oídos se realizan con materiales que incluyen vinilos, siliconas, formulas elásticas, algodón y cera, lana de fibra de vidrio y espumas de células cerradas de recuperación lenta (el tapón auditivo de espuma es un protector moldeable que se comprime e inserta en el canal auditivo, donde se expande lentamente hasta formar un sello acústico contra las paredes del canal).

Un tapón auditivo semiinsertado se coloca contra la abertura del canal auditivo externo y esta diseñado con un tamaño que se ajusta a la mayoría de los oídos; se mantiene en posición, contra la apertura del canal auditivo, mediante una banda de poco peso que se sujeta a la cabeza⁴².

AURICULARES

Los auriculares son un aparato de protección auditiva compuesto de una banda para la cabeza y de dos cascos circunaurales, habitualmente de plástico moldeado.

Un casco circunaural es el que cierra completamente el oído externo (el pabellón auditivo; figura 16 b) y se sella contra el costado de la cabeza con una almohadilla de espuma o llena de fluido. Las bandas para la cabeza pueden funcionar en una sola posición o ajustarse para colocación sobre la cabeza, detrás de ella y debajo

⁴² Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 21, Pág. 1

de la barbilla. El ensamblaje de la banda para la cabeza está realizado en plástico y/o metal. Los auriculares también pueden acoplarse a cascos u otros protectores de la cabeza mediante unos cortos brazos flexibles de plástico. Sin embargo, los auriculares acoplados a cascos son más difíciles de orientar y de ajustar adecuadamente ya que los brazos acoplados no son tan adaptables, ni aportan una gama tan amplia para la cabeza como las versiones con banda de ajuste incorporada⁴³.

CASCOS

Un casco es un aparato que encierra una parte sustancial de la cabeza y que puede aportar eficacias útiles de protección auditiva cuando contiene cascos circunaurales o un forro denso que se ajuste fuertemente alrededor de los oídos; los cascos para el ocio (por ejemplo motocicletas) tal y como se ilustra en la figura 15 raramente satisfacen estos requisitos y, por tanto suelen proporcionar escasa protección auditiva. Pocos cascos se diseñan con la protección auditiva como su función principal⁴⁴.

⁴³ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 21, Pág. 3

⁴⁴ Cyril M., Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, Vol. I, Cap. 21, Pág. 4

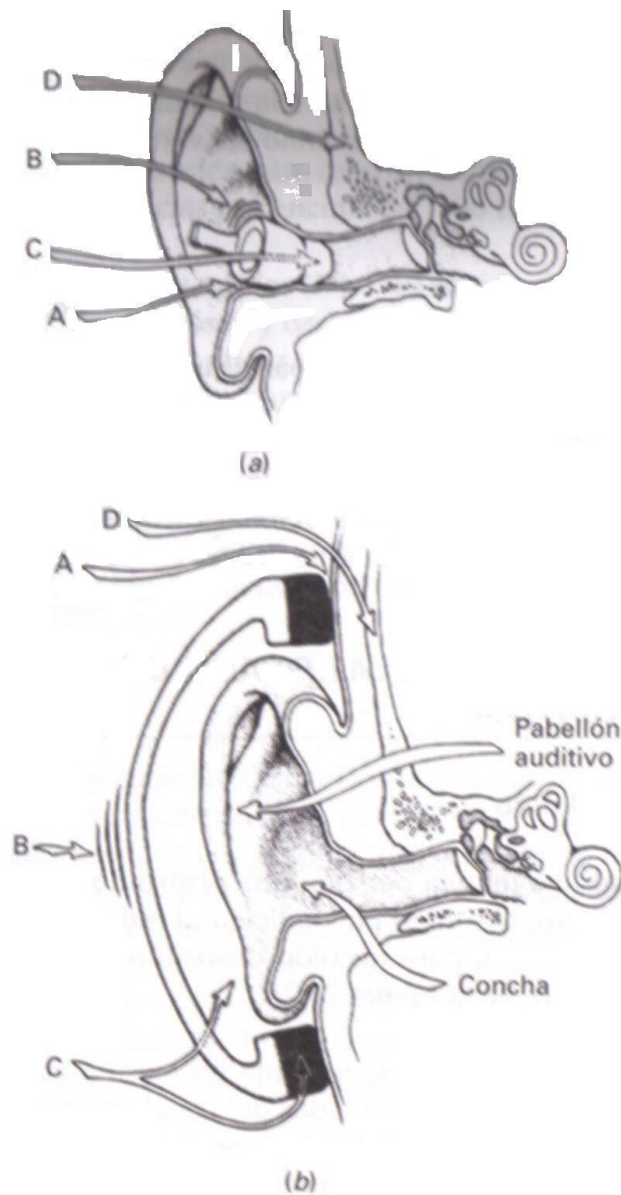


FIGURA 13. Vías sonoras, muestran como llega el sonido al oído interno cuando se utilizan aparatos de protección auditiva. (a) Vías sonoras para un tapón; (b) Vías sonoras para un auricular con ilustración del pabellón auditivo y la concha. Las letras A, B, C y D representan las vías descritas.

NIVELES DE REDUCCIÓN DE RUIDO (NRR)

El NRR es un indicador de la medida de reducción de ruido de un protector auditivo. Se calcula promediando los valores de atenuación a todas las frecuencias de prueba, ajustadas estadísticamente para reflejar la protección lograda en casi todos los miembros de un grupo de diez sujetos bien capacitados. El NRR es el resultado de un cálculo que incluye la reducción del ruido en un oído real (también llamada atenuación) y la variabilidad de dicho factor (desviación estándar) en el grupo de sujetos de prueba. Teóricamente, el NRR se resta del nivel de ruido en el área de trabajo para estimar el nivel efectivo en dBA al cual el sujeto está expuesto. Desde el momento de que el NRR es el resultado de un proceso de cómputo, resulta que los valores utilizados, tales como los valores de atenuación de oído real a diferentes frecuencias, son la clave para una clasificación exacta y precisa⁴⁵.

PROCEDIMIENTOS FONOAUDIOLÓGICOS

Sonoridad: medida subjetiva de un sonido y de fácil medición para un grupo de personas. El oído distingue sonidos de diferentes frecuencias con igual nivel de presión sonora.

Audición: consiste en detectar cualquier variación de la presión respecto a la presión de equilibrio que es la atmosférica.

Audiometría: Sirve para estudiar los umbrales mínimos de audición de una persona, presentados en forma de tonos puros a diferentes frecuencias,

⁴⁵ <http://www.comaudi.com/protaudi/protaudi.htm>, Comaudi Bukrisa S.A.

determinando así, la vía aérea con auriculares y la vía ósea con vibrador óseo, en cada uno de los oídos. La representación gráfica de dichos umbrales se denomina audiograma, y se representa por un diagrama en el que en ordenadas está la intensidad (desde 0 dB hasta 120 dB) y en abscisas las frecuencias (125Hz hasta 8000Hz). Se introduce al paciente en una cabina insonorizada y se le colocan auriculares en ambos oídos para explorar la vía aérea y unos vibradores sobre la apófisis mastoides del hueso temporal (región retroauricular) para explorar la vía ósea. En la pre-cabina está colocado el audiómetro que es un aparato que consta de generador de frecuencias que oscilan entre 125Hz-8000 ó 16000Hz y un potenciómetro generador de intensidades que van desde 0-120dB. Se inicia la prueba, enviando sonidos a una determinada frecuencia e intensidad a través de los auriculares o vibradores. Se comienza con un tono de una frecuencia media (1000Hz) a una intensidad media (60 dB) con el objetivo de que el paciente lo identifique. Después, a partir de 0dB se va incrementando la intensidad de 10 en 10dB (curva ascendente) hasta obtener la respuesta. Si el paciente es de edad avanzada o se trata de un niño, dicha frecuencia se presenta a una intensidad media y a partir de ella se va disminuyendo dicha intensidad de 10 en 10dB (curva descendente), hasta determinar el umbral de audición. De esta forma se van testando las diferentes frecuencias agudas: 2000, 3000, 4000, 6000, 8000Hz y por último las frecuencias graves: 250, 500Hz. La respuesta de cada una de las frecuencias se obtiene accionando un pulsador cada vez que escucha el estímulo sonoro en un paciente adulto. En el niño menor de 6 años de edad se debe realizar la prueba a través del juego, adaptando éste a la edad del niño, así la respuesta puede ser de distracción, orientación visual, actuación.

2.2. MARCO LEGAL O NORMATIVO

A continuación se mencionan las normas, leyes y/o resoluciones, a nivel nacional e internacional que respaldan el trabajo de investigación:

2.2.1. NORMATIVA NACIONAL

Resolución No. 8321 del 4 de Agosto de 1983

Dicha resolución muestra normas sobre 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 de 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 relacionado con su uso en campo.

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.

2.2.2. 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. Se considera que no hay pérdida en la capacidad auditiva cuando la media a 500, 1000 y 2000Hz presentan una audiometría inferior a 25dB. Para la valoración según dicho criterio se introducen conceptos como:

- ✓ Índice parcial de exposición (IPE), que se calcula en función del nivel del ruido en dBA y la duración semanal.
- ✓ Índice compuesto de exposición, que se determina por suma de índices parciales.
- ✓ Nivel de ruido equivalente.

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 personal fijando el valor de 85 dBA, describe diferentes medidas de control a partir de una exposición diaria superior a 90 dBA, indica la estrategia de medición de ruido y los métodos para evaluación de audiometrías.

El parámetro de evaluación es el nivel continuo equivalente, expresado en decibelios y escala A, en dBA. El parámetro L_{eq} representa el valor medio de la energía fluctuante generada durante un intervalo de tiempo.

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. Se considera que la capacidad auditiva disminuye cuando la audición a 500, 1000, y 2000Hz. superan

25 dB (ANSI-3.6/69). Los valores límites establecidos se entienden como “guías” para el control de exposición y para evitar pérdidas de audición. No significan unos límites precisos y exactos que separan zonas seguras de zonas peligrosas.

El concepto de ruido intermitente se introduce cuando las variaciones del nivel de presión sonora no poseen máximos o éstos se producen a intervalos inferiores a un segundo. Un ruido se considera de impacto cuando las variaciones entre dos máximos consecutivos se produce en un intervalo de tiempo superior a un segundo.

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) (o 3 ó 4 dB, dependiendo de la aplicación). También especifica los límites de los efectos de las variaciones en la presión ambiental del aire, temperatura, vibración y campos magnéticos sobre la sensibilidad del aparato.

2.3. MARCO TEORICO

Existen distintos documentos relacionados con el tema, como lo son:

Evaluación y Control de Ruido.

Protocolo de vigilancia epidemiológica para el control de ruido.

Dichos documentos fueron realizados por el Seguro Social (Administradora de Riesgos Profesionales) de protección laboral en donde enfocan la investigación a disminuir la incidencia de pérdida auditiva irreversible, detectando oportunamente los denominados desplazamientos temporales del umbral de audición mediante la realización de acciones en medición del trabajo, higiene y seguridad industrial. Además, plantean estrategias de muestreo que determinan los niveles de ruido a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores y difunden su magnitud de riesgo para planear los métodos de control más utilizados.

En este material se encontraron los fundamentos físicos que caracterizan el ruido industrial, los procedimientos metodológicos para medir el nivel de ruido e indica las variables que definen el riesgo de exposición; los sistemas aplicables y prácticas preventivas para eliminar o reducir el riesgo para que en los lugares de trabajo existan condiciones que resguarden la salud y el bienestar de los trabajadores.

A nivel de investigaciones, existen diferentes trabajos realizados en nuestro país basándose en normativa tanto nacional como internacional.

Hacia una revisión de la conceptualización metodológica para calificar pérdidas auditivas por exposición al ruido ocupacional.

Esta investigación parte de datos estadísticos donde afirma que según el Ministerio de Salud, la población general en Colombia asciende a 44 millones de habitantes, de los cuales la población económicamente activa es de 12 millones

de trabajadores, que representa el 35.2% de la población total del país sin incluir en esta cifra el grupo de menores trabajadores.

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 las 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.

También se pueden encontrar desde referencias de leyes, decretos y resoluciones colombianas hasta la descripción de escalas de calificación de uso actual en salud ocupacional y criterios internacionales. De igual manera se especifican los profesionales que intervinieron en la investigación (Fonoaudiólogos especialistas en Audiología y en Salud Ocupacional) y la forma como se realizó la evaluación audiométrica.

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Se define como crítico - social, ya que el proyecto a realizar tiene un interés social debido al impacto que puede llegar a tener en el medio laboral de la industria de la construcción.

3.2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA

La línea de investigación está definida como TECNOLOGÍAS ACTUALES Y SOCIEDAD, ya que el desarrollo del proyecto está basado en la interacción entre la tecnología utilizada (mediciones y control) y el contexto sociológico de la investigación (perfiles de los trabajadores). La sub-línea de la facultad está enfocada hacia la ACÚSTICA, ya que se estudia el comportamiento del ruido y sus características a nivel industrial. El campo temático es el FISIOLÓGICO: se estudian los riesgos que tienen los trabajadores de la empresa y los efectos fisiológicos por la exposición en largas jornadas y a niveles elevados de ruido.

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información recolectada para el desarrollo de la investigación se basó en primera instancia en la búsqueda de la normatividad existente, tanto en nuestro país como en el exterior para realizar un “paralelo” entre los contenidos y la calidad de cada una. También se contó con la información brindada por distintas Administradoras de Riesgos Profesionales a cerca del tema y algunos

antecedentes que se tenían a nivel de construcción. De igual manera se recopiló información por medio de la Web con respecto a mediciones y estudios realizados. Finalmente se obtuvo la adecuada teoría por medio de libros de control de ruido y de acústica.

Con respecto al trabajo de campo como tal, la recolección de información se realizará por medio de la instrumentación adecuada, midiendo el nivel de ruido al que están expuestos los trabajadores a partir de la diferente maquinaria manipulada. Las encuestas serán otra manera de obtener información, ya que se evaluará de manera subjetiva los problemas y las afecciones de cada uno.

Una vez obtenida toda la información requerida, se expresarán diferentes conclusiones que aporten para la salud y el bienestar de los trabajadores tras la propuesta de control de ruido de las fuentes.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La empresa **CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.** cuenta con diferentes trabajadores en todas y cada una de las obras en desarrollo y por desarrollar, donde algunos manipulan cierto tipo de maquinaria. Sin duda alguna se requerirá de un trabajo estadístico al evaluar las encuestas de quienes estarán expuestos, ya que se debe tener en cuenta factores como la edad, el tiempo de exposición, la maquinaria con la que se labora, etc. La totalidad de la muestra es de cuarenta personas.

La siguiente encuesta es realizada por Oscar Andrés Gómez y Briham David Guzmán, estudiantes del programa de Ingeniería de Sonido de la Universidad de San Buenaventura, Bogotá, para evaluar de manera subjetiva la calidad sonora del entorno en que trabaja.

Por medio de su sinceridad y conciencia en las respuestas se obtendrán datos de gran relevancia para mejorar la contaminación auditiva a la que puede llegar a estar expuesto. Gracias por su colaboración.

OFICIO QUE DESEMPEÑA: _____ **EDAD:** _____

TIEMPO QUE LLEVA TRABAJANDO EN CONSTRUCCIÓN: _____

CALIFIQUE SU GRADO DE MOLESTIA AL RUIDO:

- a. No molesto
- b. Soportable
- c. Insoportable

1. El ruido en su ambiente de trabajo le produce molestias:

- a. Ocasionales
- b. Permanentes
- c. Nunca

2. ¿El ruido en su ambiente de trabajo le produce zumbidos en los oídos?

- a. Si
- b. No

3. Si contestó de manera afirmativa el punto anterior, el ruido en el ambiente de trabajo le produce zumbidos en los oídos:

- a. Ocasionalmente
- b. Permanentemente

4. El ruido en su ambiente de trabajo le produce dolor en sus oídos o en la cabeza:

- a. Ocasionalmente
- b. Permanentemente
- c. Nunca

5. ¿Se le han llevado a cabo reconocimientos médicos específicos debido a la exposición al ruido?
- a. Si
 - b. No
6. ¿El ruido le obliga continuamente a elevar la voz en su ambiente de trabajo, para comunicarse con otras personas?
- a. Si
 - b. No
7. ¿Tiene conocimiento acerca de los daños que le puede producir la exposición al ruido a su audición, durante determinado tiempo?
- a. Si
 - b. No
8. Señale uno o más de los siguientes factores por los que cree que su audición esta afectada debido a la exposición al ruido:
- a. El desempeño de su oficio
 - b. Su ambiente de trabajo
 - c. Su ambiente familiar
 - d. El tráfico vehicular
 - e. Su Vecindario
9. ¿Cuál considera de los factores seleccionados anteriormente, es la mayor fuente de ruido?
10. ¿Qué entidad considera usted le brindaría asistencia médica en caso de sentirse afectado por el ruido?
- a. ARP
 - b. EPS
 - c. Empresa
 - d. Cruz Roja
 - e. Seguro Social

- 11.** ¿Conoce si se han realizado mediciones de nivel de ruido en su ambiente laboral?
- a.** Si
 - b.** No
- 12.** ¿La empresa le ha suministrado protectores auditivos para protegerse de niveles altos de ruido?
- a.** Si
 - b.** No
- 13.** Si en el punto anterior respondió de manera afirmativa, ¿ha utilizado la protección auditiva suministrada siempre que esta expuesto al ruido en su ambiente laboral?
- a.** Si
 - b.** No
- 14.** ¿Ha recibido cursos o talleres sobre el ruido ocupacional y los daños en la audición?
- a.** Si
 - b.** No
- 15.** Si no ha recibido capacitación sobre el ruido ocupacional y los daños en la audición, ¿cree conveniente recibirla?
- a.** Si
 - b.** No
- 16.** Si no ha recibido capacitación sobre el ruido ocupacional y los daños en la audición, cree conveniente la implementación de medidas tales como:
- 16.1** Protección de ruido
- a.** Si
 - b.** No
- 16.2** Reducción de ruido

- a. Si
- b. No

16.3 Reducción del tiempo de exposición al ruido

- a. Si
- b. No

3.5. HIPÓTESIS

La hipótesis está definida como la comprobación de que realmente el trabajador que está manipulando cierto tipo de maquinaria está expuesto a niveles y dosis de ruido muy altas, lo que producirá o esta produciendo una pérdida en su audición. Del mismo modo, se estará incumpliendo la normativa que rige actualmente en el país, por lo que se realizará un estudio minucioso para controlar el nivel de ruido en las fuentes.

3.6. VARIABLES

3.6.1. Variables Independientes

Infortunadamente la mayoría de la maquinaria utilizada en construcción produce un nivel de ruido altísimo, siendo esta la causa principal de la pérdida de audición en los trabajadores. Así mismo, la consciencia de los mismos trabajadores es casi nula, por lo que no les importa trabajar con su protección adecuada, no solo con respecto al ruido, sino también en cuestiones de otros riesgos laborales. Por esto, cada una de las empresas debe velar por la integridad física de quienes laboran para ella y no solo brindar la debida protección acústica sino tener en cuenta un control especial de ruido en la misma maquinaria.

3.6.2. Variables Dependientes

Diferentes mediciones de ruido en el ambiente de trabajo realizadas teniendo en cuenta los trabajadores expuestos en su entorno, proveerán información propicia para proponer diferentes maneras para el control en las máquinas a ser medidas, a parte de recomendaciones del uso obligatorio de protección acústica, dependiendo de su labor.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La presentación de los resultados corresponde a las mediciones de ruido generado por la maquinaria para la construcción y las encuestas subjetivas a la población muestreada.

MEDICIONES

Teniendo el conocimiento de la maquinaria (fuentes) a medir y la naturaleza del ruido, se realizan las mediciones basadas en la normativa nacional vigente, para obtener resultados más precisos, relacionada con acústica industrial. Las normas NTC 3520, 3522 y 4653 son documentos colombianos que traducen la norma ISO R 1996, *Acoustics-Assessment of noise with respect to community response*. Con estos precedentes se elige la instrumentación adecuada teniendo en cuenta las características particulares de las fuentes.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de medición cumplen con las especificaciones técnicas exigidas por la normativa NTC 3428, en cuanto a características dimensionales de los mismos, tipos, calibraciones, equipos auxiliares, etc.

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

Los días 21 y 22 de marzo de 2006 se realizan las mediciones al aire libre de ruido en la obra de la construcción del nuevo edificio de la Universidad Militar para su facultad de medicina ubicado en el Hospital Militar de Bogotá (Carrera 5 Calle 49).

4.1. PROCEDIMIENTO PREVIO DE MEDICIÓN - DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO

4.1.1. Tipo de maquinaria

En la construcción existen diferentes etapas, por lo que sus procedimientos conllevan a utilizar maquinaria específica. Para procesos necesarios como demoliciones de concreto reforzado se requiere de taladros neumáticos asistidos por un compresor de aire. El uso de estos elementos producen un ambiente de trabajo molesto debido a los altos niveles de ruido generados por su uso.

Es de gran importancia tener en cuenta que el proyecto está dirigido a la empresa **CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.**, y la maquinaria con la que se cuenta es la misma a la que se hacen las mediciones y su control.

A continuación se visualiza cada una de las máquinas con sus respectivas referencias y especificaciones:

TALADRO NEUMÁTICO

Marca: SULLAIR

Referencia: MRD – 30

Peso: 15,42 kilogramos

Longitud: 53,34 centímetros

Cadencia de Impacto: 2300 golpes/minuto

Consumo de Aire: 53 cfm

Peso al Embrague: 17,24 kilogramos



Ilustración 1: Taladro neumático SULLAIR MRD - 30

COMPRESOR DE AIRE PORTÁTIL

Marca: SULLAIR

Referencia: 185 PCM A 100 PSIG—87 L/S A 7 BAR

Peso (c/fluidos): 966 Kg.

Peso (s/fluidos): 903 Kg.

Longitud (cubierta): 1765 mm

Ancho: 1504 mm

Altura: 1368 mm

Tipo de Motor: Diesel

Cilindros: 4

Velocidad Nominal: 2800 rpm

Potencia Nominal: 44.7 Kw

Funcionamiento silencioso: 75dBA a 7 metros



Ilustración 2: Compresor de aire portátil SULLAIR 185 PCM

4.1.2. Tipo de fuente.

La maquinaria a medir cumple con las características de una fuente esférica, ya que 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.

4.1.3. Tipo de ruido.

Tras realizar una captura de audio y observar en un analizador espectral de frecuencia 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 define 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.

4.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN - PUNTOS, TIEMPOS, HORARIOS Y CONDICIONES

4.2.1. Puntos de Mediciones

Para la realización de los mapas de ruido (señalados en el análisis de resultados), teniendo en cuenta el lugar de medición, se debe asegurar que el nivel de presión sonora no varíe en más de 5 dB por cada punto escogido para una mejor descripción del ambiente de ruido. En nuestro caso se tomó una diferencia de 3

dB por color para visualizar mejor los niveles. Los puntos de medición se tomaron a dos metros de longitud de la fuente y entre si mismos, formando una cuadrícula dependiendo de la resolución espacial requerida del ambiente que es motivo de estudio. Se tiene en cuenta que cada posición escogida está a no menos de 1.2 metros de cualquier objeto o superficie reflejante que pueda incidir en los resultados; esto con base en las recomendaciones de las normas colombianas. Para el taladro neumático se ubicaron representativamente 32 puntos, mientras que para el compresor se ubicaron 28 puntos.

A continuación se muestra el plano de la obra en Autocad 2004 (versión en español, licenciado para 24 computadores de un aula de informática de la Universidad de San Buenaventura) con los puntos correspondientes a las mediciones del taladro neumático, señalando la ubicación de la fuente:

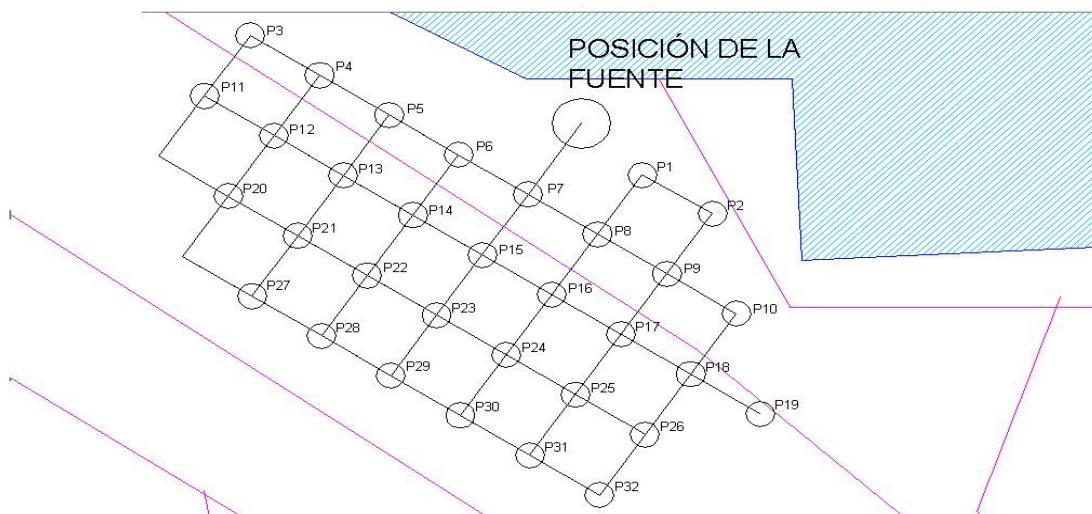


Ilustración 3: Puntos de medición para el taladro neumático

A continuación se muestra el plano de la obra en Autocad con los puntos correspondientes a las mediciones del compresor, señalando la ubicación de la fuente:

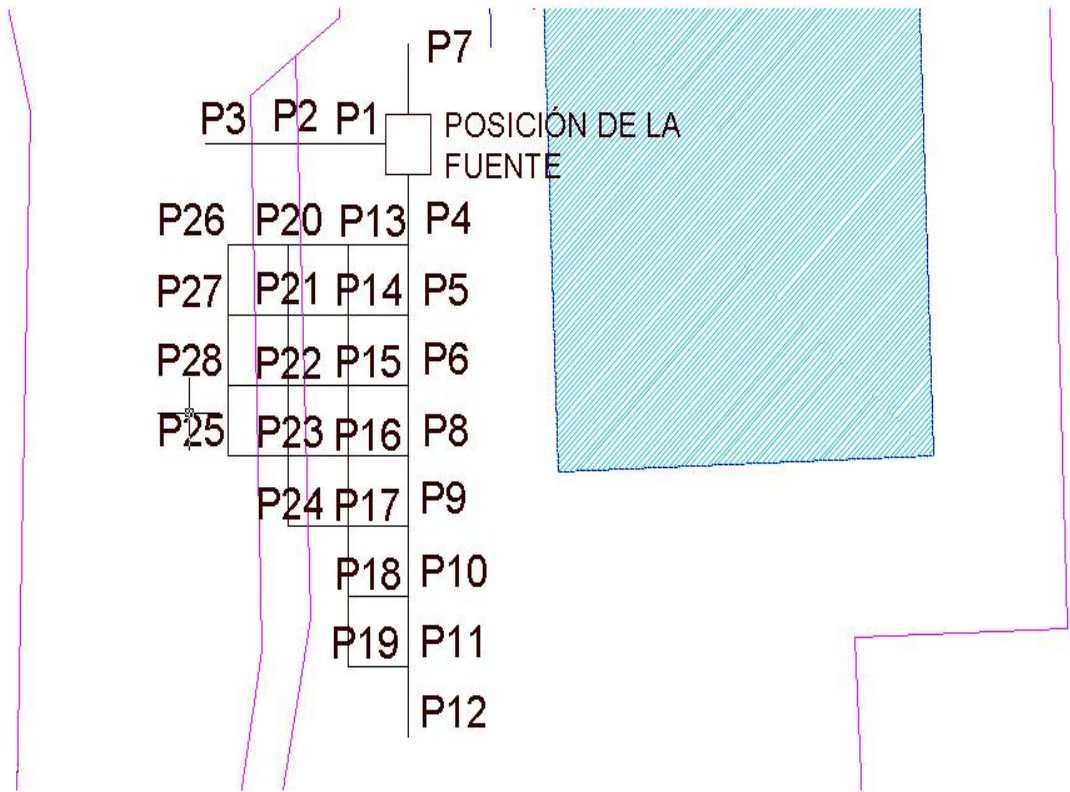


Ilustración 4: Puntos de medición para el compresor

4.2.2. Tiempos de Mediciones

Tanto para el compresor como para el taladro, el tiempo de medición por cada punto fue de 10 minutos, debido a que se considera suficiente para tomar las variaciones significativas de la fuente dentro del sitio de trabajo.

4.2.3. Horarios

El primer día se realizan las mediciones del taladro neumático comenzando a las 7:15 a.m. y finalizando a la 1:20 p.m. El segundo día se realizan las mediciones del compresor de aire comenzando a las 7:30 a.m. y finalizando a la 12:40 p.m. Estos horarios se escogieron por disponibilidad de la empresa.

4.2.4. Condiciones

Se analizan factores como tipo de suelo, temperatura ambiente, dirección del viento y presión atmosférica entre otros. El día 21 de Marzo de 2006 se realizaron las mediciones de ruido del taladro neumático con las siguientes condiciones:

TIPO DE SUELO	Concreto
TEMPERATURA AMBIENTE	17 °C promedio
DIRECCIÓN DEL VIENTO	De oriente a occidente
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	752 milibares.

Tabla 1. Condiciones de medición para el taladro neumático

El día 22 de Marzo de 2006 se realizaron las mediciones de ruido del compresor de aire con las siguientes condiciones:

TIPO DE SUELO	Concreto
TEMPERATURA AMBIENTE	15 °C promedio
DIRECCIÓN DEL VIENTO	De oriente a occidente
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	752 milibares.

Tabla 2: Condiciones de medición para el compresor

Durante la medición de ambas máquinas se encontraron factores meteorológicos como humedad y nubosidad, sin presencia de sol ni lluvia.

4.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE MEDICIONES

Los resultados obtenidos se presentan por cada máquina, primero, para el taladro neumático y segundo para el compresor de aire por medio de niveles de ruido de fondo, mapas de ruido, análisis en frecuencia y niveles máximos y mínimos, todo esto medido por bandas de octava como recomienda la norma.

Para obtener datos confiables y siguiendo la normativa en cuanto a mediciones de ruido se refiere, se ubica el micrófono a una altura de 1.27 metros, evitando reflexiones del suelo.

4.3.1. Taladro Neumático

4.3.1.1. Ruido de fondo

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

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

Tabla 3. Niveles de ruido de fondo para el taladro neumático

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

4.3.1.2. 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 que se escogen para diferenciar los niveles en el mapa son tomados en base a la escala que aparece en el software SoundPlan 5.5 propiedad de BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH, ya que son 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 realizan en el software AutoCad 2004 con respecto al plano de la obra donde funcionan las maquinas, con los datos de la siguiente tabla:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
Punto 1	86,61	95,21	101,99	102,75	103,22	101,32	101,88
Punto 2	80,29	90,85	96,51	98,54	99,26	98,2	99,32

Punto 3	74,55	81,57	87,21	90,64	90,55	87,6	90
Punto 4	77.6	85.2	89.6	90,38	92,88	90,1	91,07
Punto 5	79.4	88.7	91.5	95,45	94,75	95,6	99,33
Punto 6	84.0	91.8	97.3	97,412	96,4	99,5	101,1
Punto 7	85.9	93.2	101.56	99,82	102,51	100,9	101,16
Punto 8	83,24	92,54	98,37	96,21	99,45	98,51	92,32
Punto 9	79,35	90,1	96,45	94,32	97,42	96,22	99,56
Punto 10	78,31	88,61	93,49	92,77	93,91	94,21	97,21
Punto 11	72.4	85.6	93,54	92,27	90,27	89	99,77
Punto 12	75.2	86.4	92.7	90,77	92,93	92,2	93,89
Punto 13	78.5	90.1	87.8	95,04	95,25	94,7	96,15
Punto 14	80.6	90.7	91.7	95,94	94,22	94,1	98,1
Punto 15	82.4	91.2	92.5	97,45	100,15	99,3	100,37
Punto 16	80,82	90,21	93,15	93,35	96,12	86,2	96,59
Punto 17	78,28	87,56	90,54	90,6	95,12	90,21	95,85
Punto 18	75,45	86,51	89,89	88,96	93,22	94,65	93,21
Punto 19	72,82	81,24	85,32	93,05	91,55	96,84	92,65
Punto 20	73,56	83,29	87,95	91,65	92,22	87,23	91,45
Punto 21	75.9	85.7	90.3	91,63	92,44	92,8	93,66
Punto 22	76,88	87.3	88.1	93,13	94,53	95	96
Punto 23	76.3	89.6	90.0	90,72	94,39	93,3	96,33
Punto 24	75	85,23	87,99	90,06	95,32	92,49	95,11
Punto 25	74,76	83,92	86,12	90,22	93,21	90,65	93,12
Punto 26	72,56	82,85	85,32	90,62	92,32	85,31	90,22
Punto 27	70,19	79,21	82,5	89,7	90,84	88,25	87,12
Punto 28	69,16	83.6	86,25	92,93	90,46	88,7	92,66
Punto 29	71,25	80,21	88,14	91,55	90,11	89,51	93,21
Punto 30	72,45	82,21	90,51	92,15	90,56	93,21	94,54
Punto 31	70,63	80,12	87,96	91,32	88,22	90,2	92,33
Punto 32	68,55	79,13	86,88	90,12	88,21	88,2	90,19

Tabla 4. LeqA por cada punto de medición para el taladro neumático

Mapa de ruido a 125 Hz.

En esta frecuencia se observa que el nivel más alto se encuentra a 2 metros de la fuente y esta entre el rango de 84dB y 87dB, lo que muestra que el ruido de esta maquina esta aparentemente en el nivel permitido (85dB); a 4 metros a partir de la fuente se presenta un decaimiento de 3dB y a 10 metros de distancia tiene un nivel de 75dB, el cual tiende al ruido de fondo detectado. Esta frecuencia esta muy por debajo de los niveles de las demás frecuencias; la maquina tiene mas componentes en medias que en bajas frecuencias.

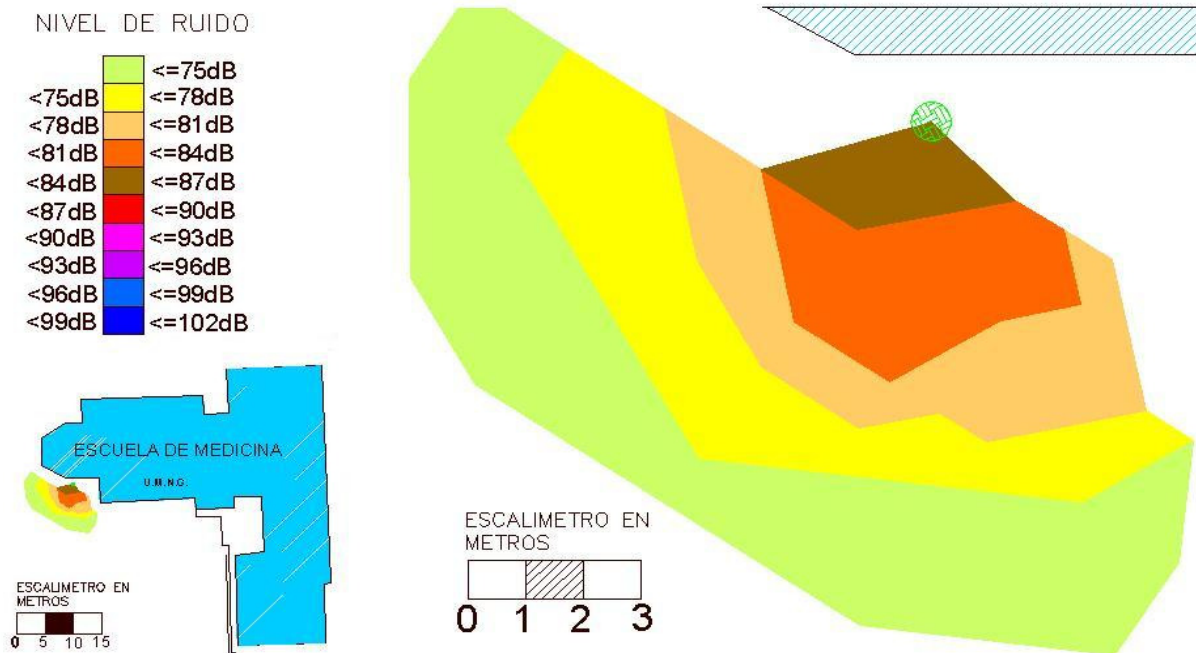


Ilustración 5: Mapa de ruido a 125 Hz. para el taladro neumático

Mapa de ruido a 250 Hz.

A diferencia que el anterior mapa, el nivel más alto se encuentra dentro del rango de 93dB a 96dB, unos 6dB más alto que en 125Hz. y en los mismos 2 metros; luego entre 2 metros y 6 metros de distancia a la fuente cae tan solo en 3dB aproximadamente; en 8 metros de distancia desde la fuente tiene un nivel entre 84dB y 87dB, es decir que aproximadamente desde la fuente hasta los 8 metros el nivel a pesar de que disminuye gradualmente esta por encima del nivel recomendado, siendo perjudicial para las personas que se encuentran a estas distancias.

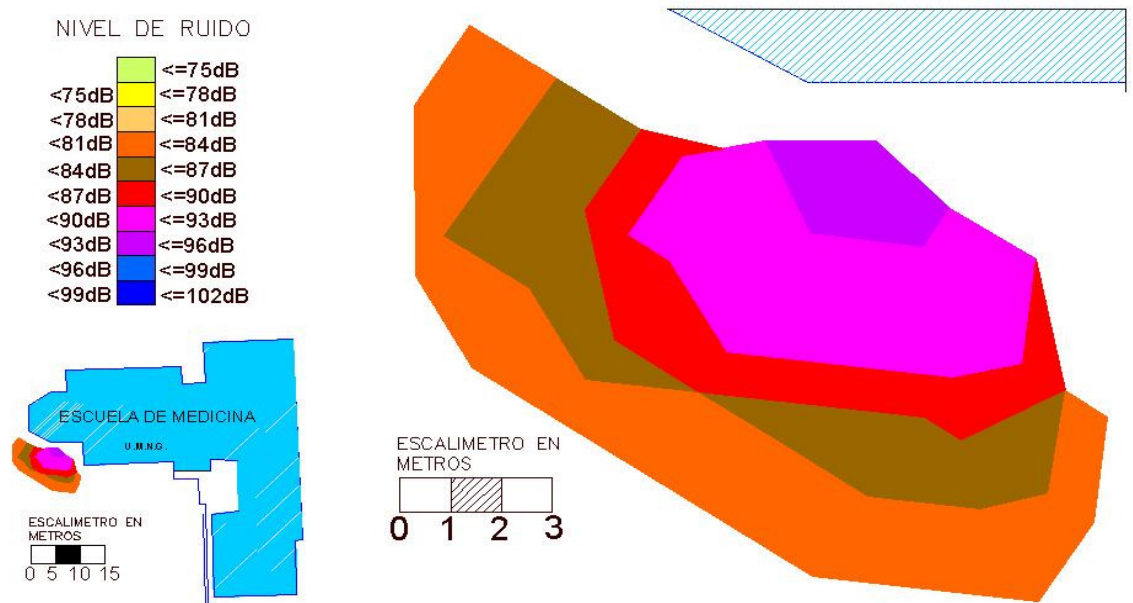


Ilustración 6: Mapa de ruido a 250 Hz. para el taladro neumático

Mapa de ruido a 500 Hz.

En este mapa se observa que el nivel que se encuentra a 2 metros esta entre 99 y 102dB, los valores más altos en la medición; un nivel de ruido difícil de controlar, ya que esta banda de frecuencia posee componentes bajas, que se pueden observar en los respectivos análisis. A una distancia de 10 metros de la fuente se tiene un nivel entre 87dB y 90dB, niveles demasiados altos; se debe tener en cuenta que en el análisis de los niveles máximos y mínimos no se encuentran picos muy grandes difíciles de manejar.

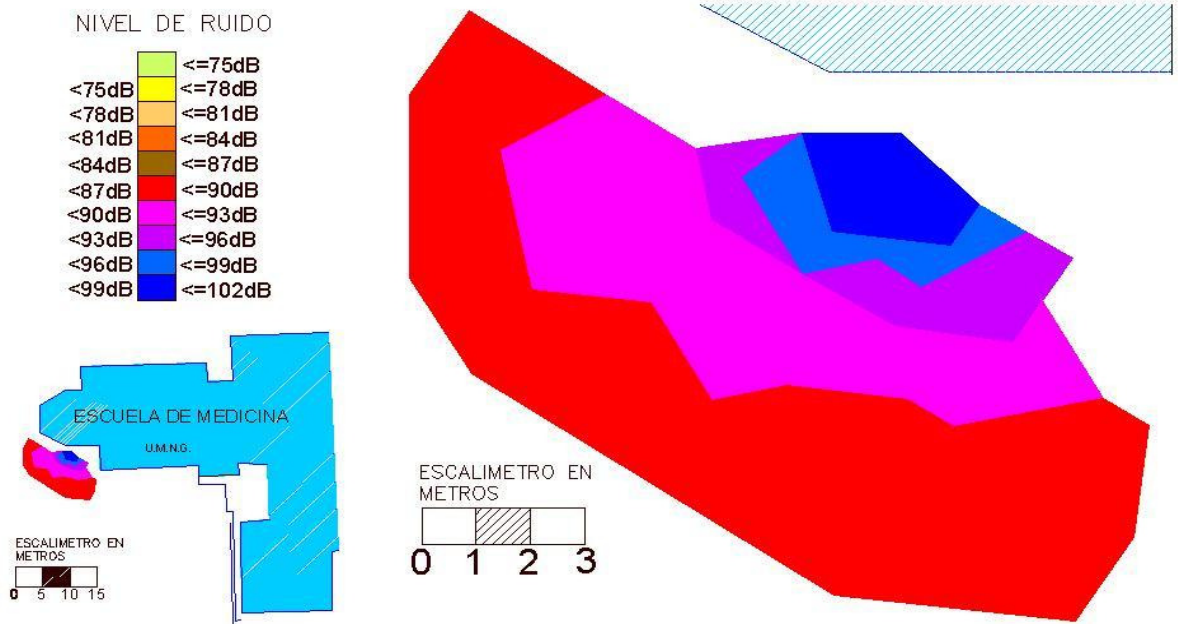


Ilustración 7: Mapa de ruido a 500 Hz. para el taladro neumático

Mapa de ruido a 1000 Hz.

Al igual que en el mapa anterior, se encuentran los niveles mas altos a 2 metros de distancia desde la fuente, esta frecuencia se mantiene casi constante, puesto que a lo largo de la medición a una distancia mayor (10 metros) desde la fuente tan solo cae 12dB quedando en 90dB e incumpliendo los niveles permitidos.

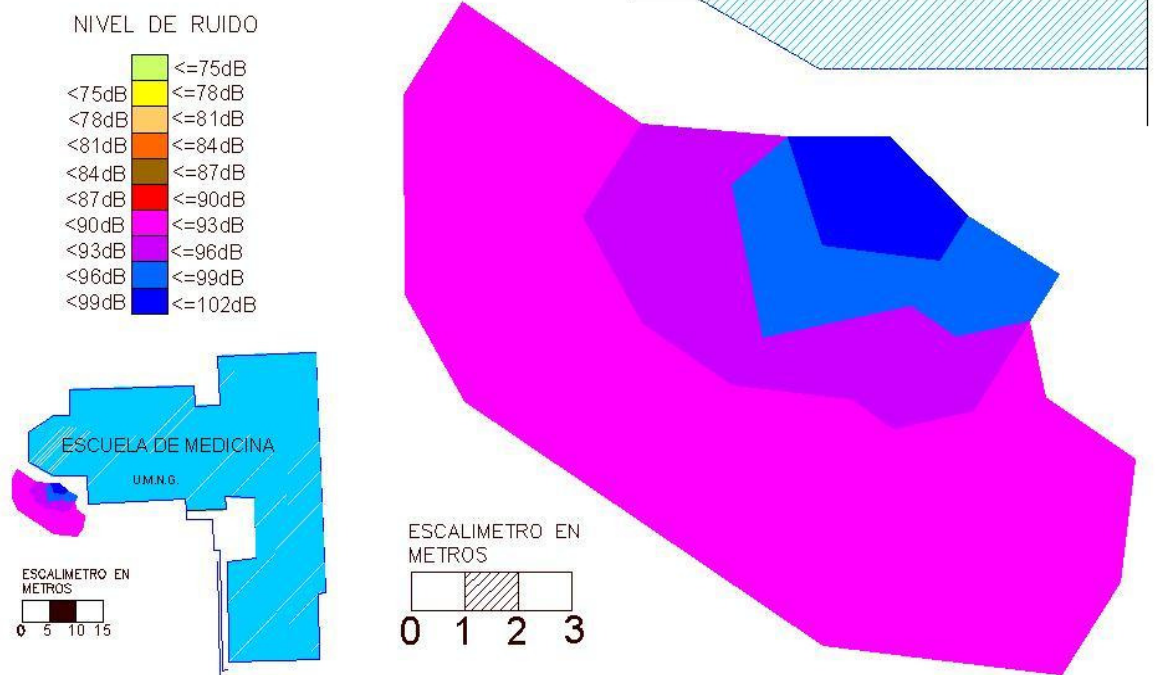


Ilustración 8: Mapa de ruido a 1000 Hz. para el taladro neumático

Mapa de ruido a 2000 Hz.

Dentro de este mapa se observa que los niveles de ruido siguen siendo muy altos con una mayor concentración de energía en 2 metros, pero siguiendo en dirección hacia el centro del espacio en que se realizaron los puntos. Los niveles tienen un comportamiento lineal, muy parecido al de 1000 Hz., corroborando los datos del análisis en frecuencia, e incluso tienden a ser lineales en sus niveles máximos y mínimos. A una distancia de 10 metros se tienen niveles todavía bastante altos (90dB a 93dB).

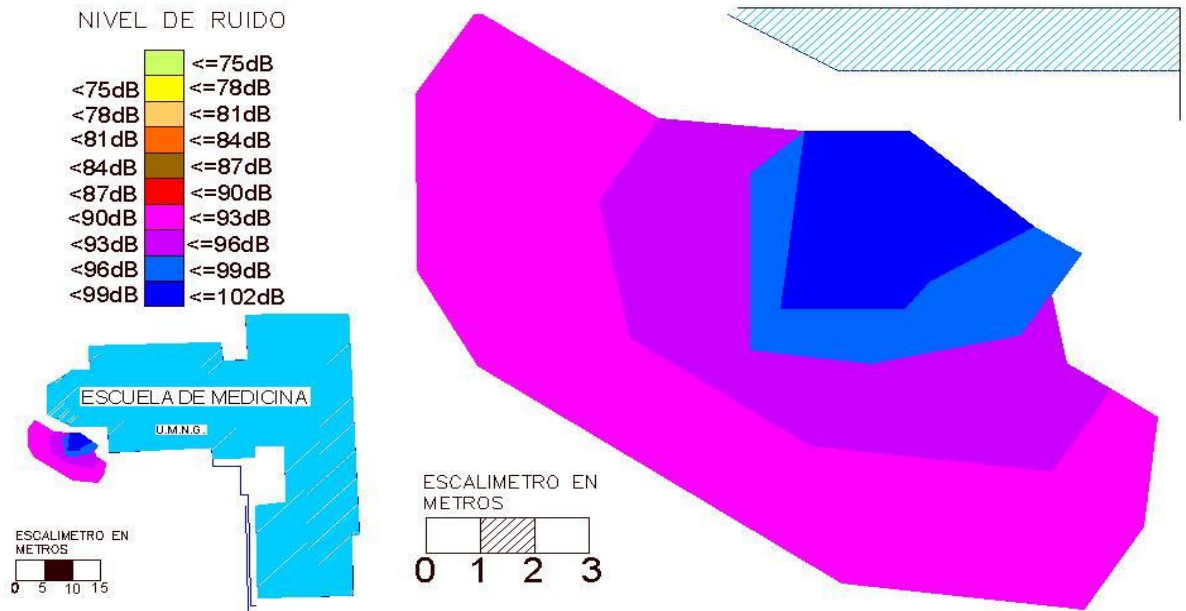


Ilustración 9: Mapa de ruido a 2000 Hz. para el taladro neumático

Mapa de ruido a 4000 Hz.

Esta mapa de ruido muestra que los niveles medios entre los 2 metros a partir de la fuente se encuentran también entre 99dB y 102dB, manteniendo una linealidad aparente entre un ancho de banda de 1000 Hz. a 4000 Hz. Esta linealidad esta claramente mostrada en las graficas de análisis e incluso en las graficas de máximos y mínimos, pero donde se destaca 4000Hz con un pico. Hasta después de 10 metros se pueden considerar un nivel de ruido alto pero a esta misma distancia desde la fuente el nivel decae entre 87dB a 90dB, siendo todavía incomodo para las personas que se puedan encontrar a dicha distancia.

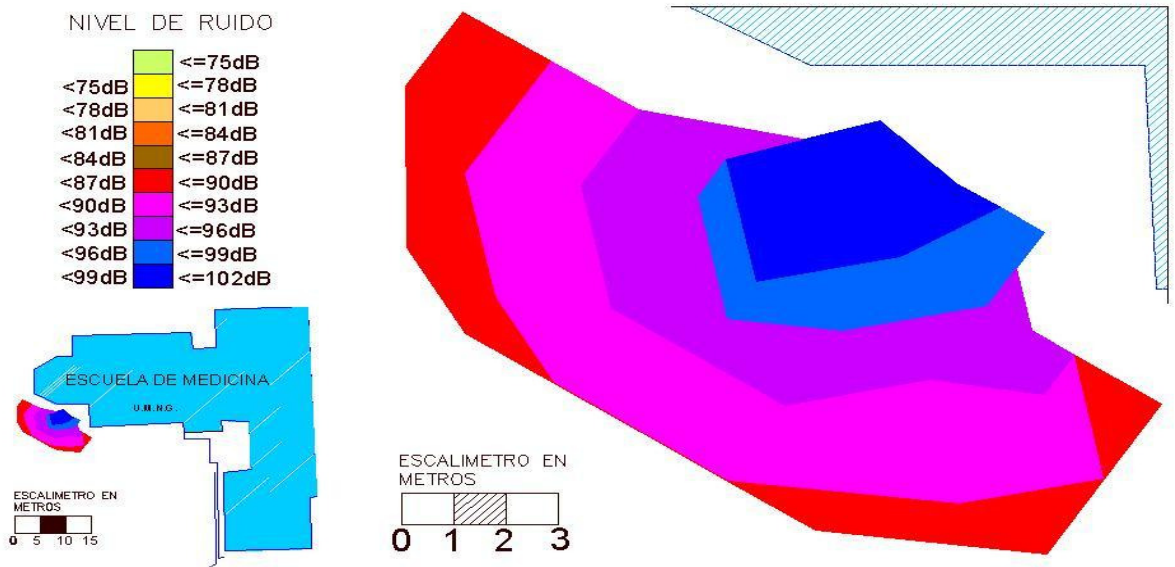


Ilustración 10: Mapa de ruido a 4000 Hz. para el taladro neumático

Mapa de ruido a 8000 Hz.

En este mapa de ruido se observa que los niveles a 2 metros son aproximadamente de 102dB, pero a diferencia de otras frecuencias que tienen niveles parecidos en este mismo punto, 8000 Hz tiene los niveles máximos; observando el mapa se puede asegurar que esta frecuencia es una de las que tiene una alta concentración de energía y fluctuaciones peligrosas para los trabajadores, además, de la fuente a 10 metros solo disminuye en 12dB, teniendo valores de aproximadamente 90dB, siendo aún muy alto el nivel de ruido.

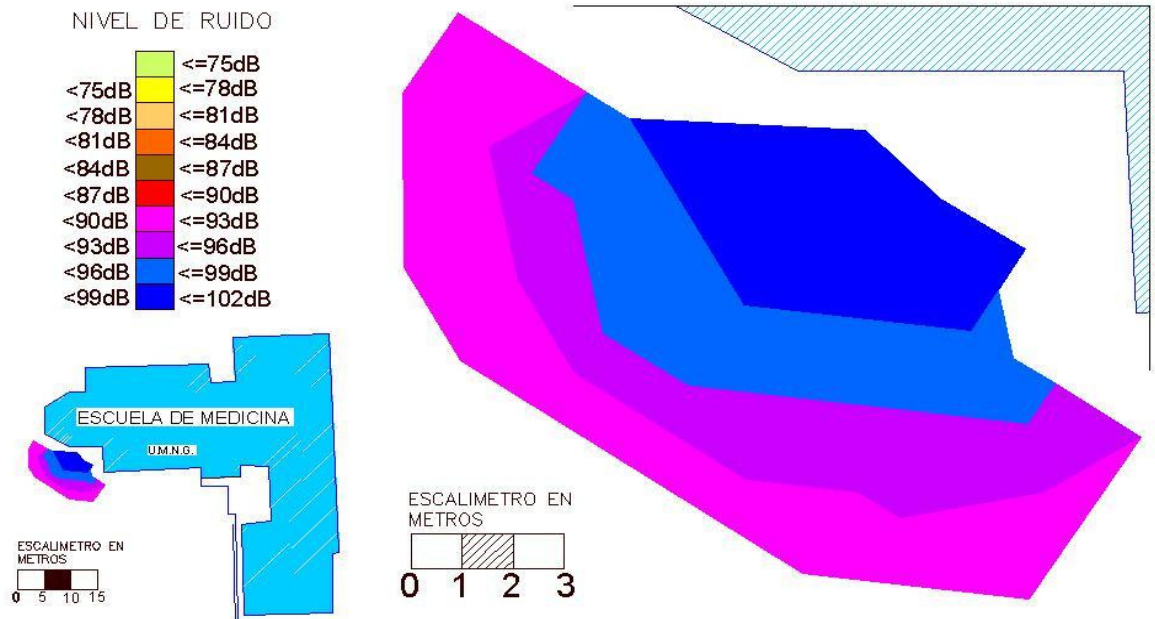


Ilustración 11: Mapa de ruido a 8000 Hz. para el taladro neumático

4.3.1.3. Análisis en Frecuencia

El análisis en frecuencia por 1/3 de octava que se muestra para el taladro neumático esta tomado de la captura que se realiza a 2 metros (punto 7 debido a ser el punto de medición más cercano a la fuente y donde se presentan los mayores niveles de ruido) por medio del software SpectraLab, donde tras obtener los datos numéricos se hacen comparaciones en el comportamiento en ponderación A y en modo flat; estos datos complementan la presentación y el análisis de resultados para claridad y obtención de conclusiones.

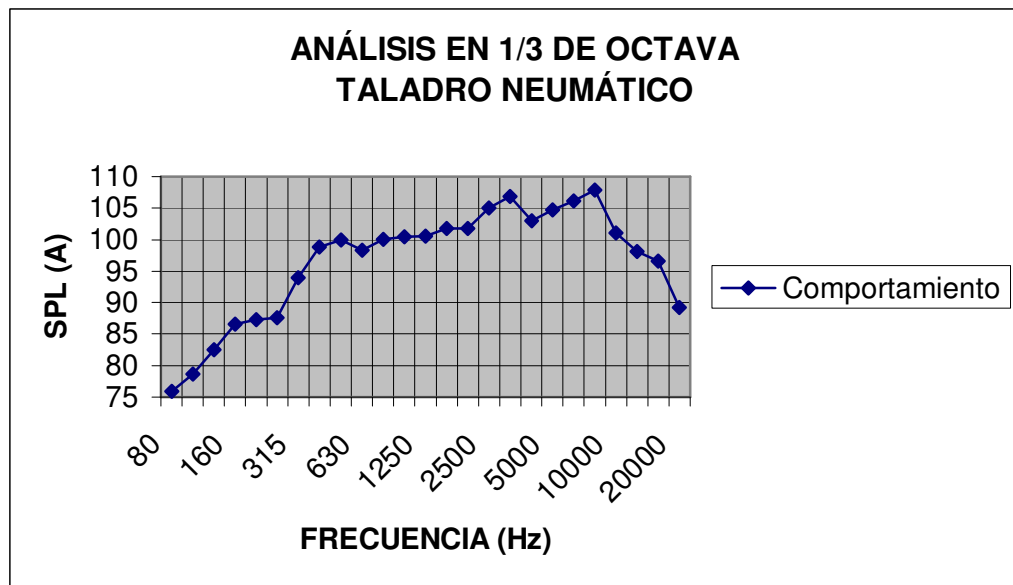


Ilustración 12: Comportamiento de SPL(A) en 1/3 de octava para el taladro neumático

Esta máquina tiene su mayor contenido de energía en medias y altas frecuencias, lo que hace riesgosa o peligrosa su exposición a niveles muy altos; se visualiza un pico que se encuentra alrededor de 4000Hz, lo que afecta el oído de las personas que manipulan y que se encuentran alrededor de la fuente.

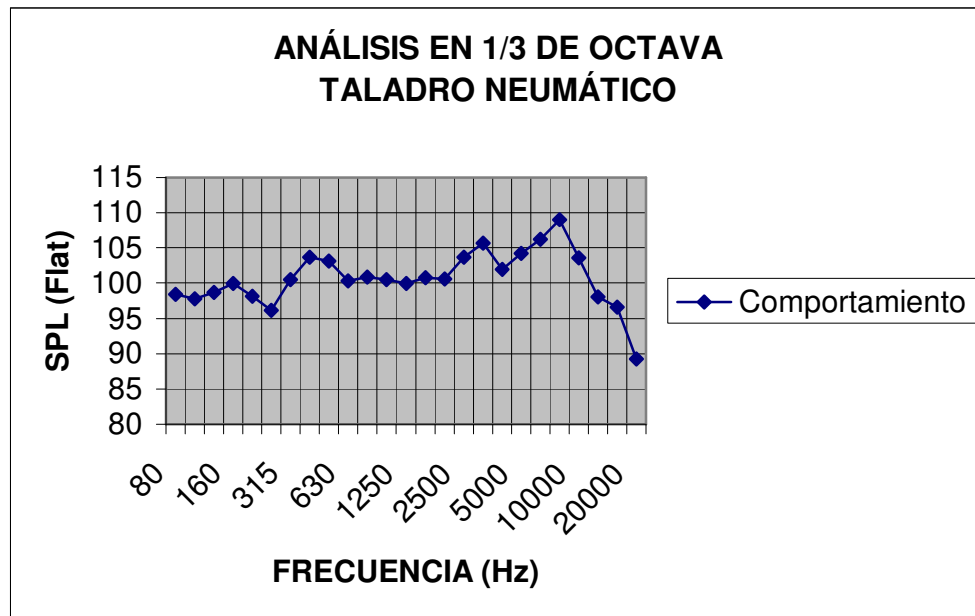


Ilustración 13: Comportamiento de SPL (Flat) en 1/3 de octava para el taladro neumático

Los niveles de frecuencias medias trabajan de una forma casi lineal. En la frecuencia de 4000Hz se encuentra un nivel alto debido al comportamiento de la máquina; el contacto de la broca de la misma con la superficie (proceso de demolición) hace que en altas frecuencias se presente niveles mayores, a diferencia de las frecuencias por debajo de los 500 Hz. Los niveles en baja frecuencia se ven incrementados en diferencia con la ponderación A y luego de 10000 Hz. se evidencia la caída del nivel de presión sonora de aproximadamente 110 dB a 88 dB.

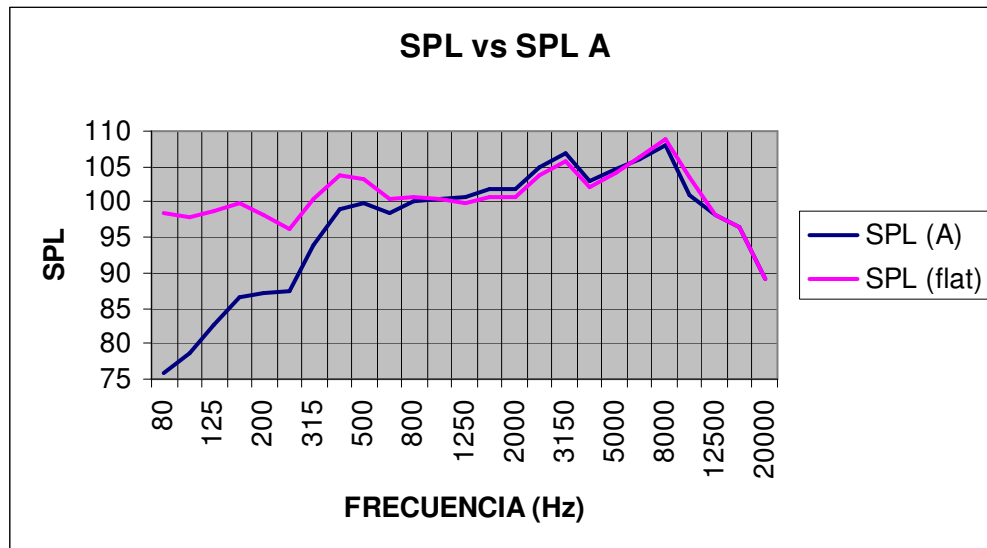


Ilustración 14: Comparación en 1/3 de octava de SPL (Flat) y SPL(A) para el taladro neumático

Debido a que el nivel que se presenta en bajas frecuencias para SPL(A) no es muy alto, se facilita un posible control en la fuente y a la vez en el receptor. El pico más alto que se puede observar en la frecuencia de 8000Hz será un problema a tener en cuenta, pero siendo este de alta frecuencia, se puede llegar a disminuir fácilmente. De igual forma, los valores que se asemejan al comportamiento de la máquina (flat) y los asemejados al comportamiento del oído humano (A) que representan el nivel de ruido emitido son bastante altos; si no se cuenta con la protección auditiva adecuada, el sistema auditivo del operario puede verse afectado de manera.

4.3.1.4. NIVELES MAXIMOS Y MINIMOS

Los valores máximos y mínimos (recomendados por la norma para el análisis de mediciones de ruido) son un buen punto de referencia para conocer en algunas frecuencias los valores de nivel de presión sonora en ponderación A más altos y más bajos en un determinado tiempo de medición para tener una mejor idea del

ambiente de las mediciones o del mismo comportamiento de la fuente. Estos valores son medidos en respuesta rápida (fast) a dos metros de la fuente.

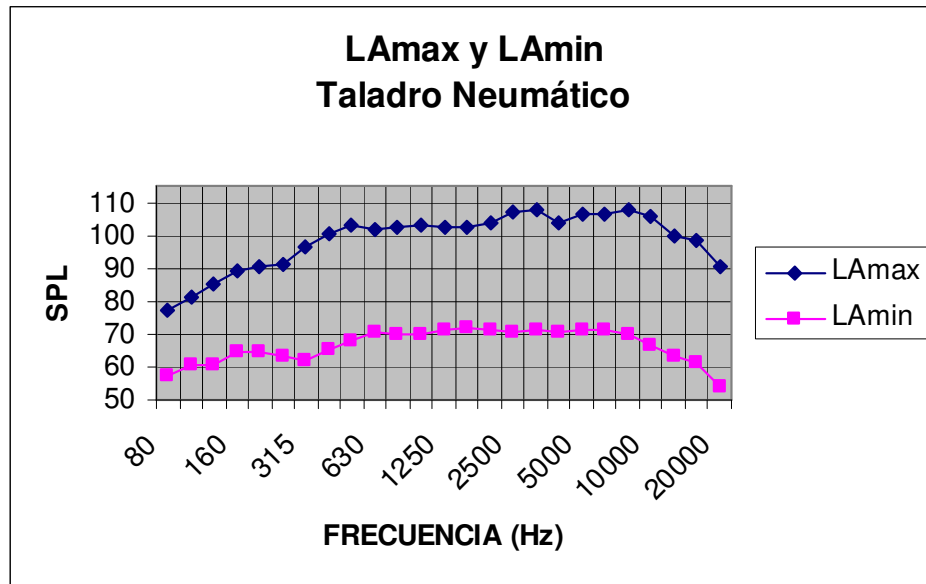


Ilustración 15: Comparación en 1/3 de octava de LAmáx y LAmin para el taladro neumático

La diferencia entre estos niveles es bastante amplia, ya que se están promediando muchísimos valores en el tiempo de medición y se incluyen los niveles de ruido que produce la máquina mientras está en contacto con el piso (demolición de concreto) y mientras no lo está. Dicha diferencia puede ser aproximadamente de 35dB.

Para complementar las mediciones de ruido de este tipo de maquinaria, se realizan comparaciones de los niveles emitidos a dos metros, pero “taladrando” diferentes tipos de suelo. Aunque no se tiene en cuenta la vibración (solo ruido aéreo) los niveles varían significativamente:

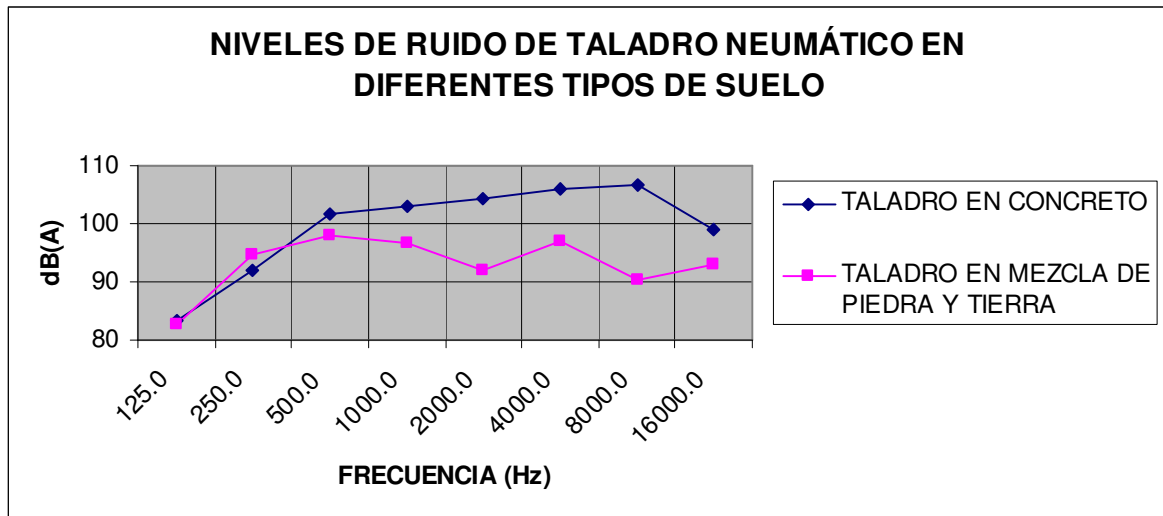


Ilustración 16: Comportamiento del taladro neumático funcionando para dos terrenos distintos

La máquina trabajando para diferentes tipos de suelo presenta una variación en los niveles de ruido para frecuencias altas, ya que la presión ejercida es distinta dependiendo de la densidad del tipo de suelo.

4.3.2. COMPRESOR DE AIRE

4.3.2.1. Ruido de fondo

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

125 Hz	250.0 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
57.43 dB	62.57 dB	67.68 dB	69.94 dB	72.26 dB	63.63 dB	58.03 dB

Tabla 5. Niveles de ruido de fondo para el compresor

El nivel de ruido de fondo obtenido es de **75.78 dB**.

4.3.2.2. Mapas de Ruido

Los mapas de ruido que representan los niveles de presión sonora en dBA del ruido que emite el compresor están distribuidos de la misma manera que para la anterior máquina (por bandas de octava) y la escala de dB manejada también es igual, solo que se tienen nuevos valores inferiores a 72dB (más colores, también por cada 3dB). La posición de la fuente es el centro de la capa de color con mayor nivel de presión sonora.

Los mapas de ruido se realizan en base a la siguiente tabla:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
Punto 1	86,16	85,22	91,26	93,10	92,46	89,69	87,47
Punto 2	80,92	80,45	84,49	88,26	86,22	87,03	82,32
Punto 3	75,32	74,16	80,12	85,21	81,22	82,32	78,32
Punto 4	80,13	79,03	83,13	86,22	85,21	87,22	81,12
Punto 5	77,32	76,32	80,45	82,32	82,32	84,93	78,32
Punto 6	74,22	73,32	77,03	78,56	79,32	81,12	75,32
Punto 7	80,32	78,32	85,23	88,32	88,02	85,32	81,32
Punto 8	68,51	67,57	73,61	75,45	74,81	72,04	69,82
Punto 9	65,32	62,93	70,32	72,81	72,32	68,22	67,32
Punto 10	64,53	60,22	68,32	71,32	70,98	65,32	65,02
Punto 11	62,51	61,57	67,61	69,45	71,81	66,04	63,82
Punto 12	61,51	61,22	65,61	68,45	67,86	65,74	62,82
Punto 13	79,41	78,37	84,51	85,35	85,71	82,94	80,72
Punto 14	76,51	75,57	81,61	83,45	82,81	80,04	77,82
Punto 15	72,51	71,57	80,14	80,98	80,81	76,04	73,82
Punto 16	68,51	67,57	72,61	75,45	74,81	71,04	69,52

Punto 17	65,17	65,20	71,27	72,11	70,47	68,04	66,48
Punto 18	63,51	63,10	68,27	70,45	69,81	66,86	64,82
Punto 19	62,51	61,57	67,31	69,45	69,81	65,86	63,82
Punto 20	76,41	75,47	81,51	83,35	82,71	79,94	77,72
Punto 21	75,05	75,11	81,15	81,99	83,35	78,78	76,56
Punto 22	74,51	72,57	78,61	80,45	79,47	77,04	74,82
Punto 23	68,17	68,10	74,14	76,05	75,45	71,70	69,62
Punto 24	63,51	63,57	72,61	74,45	73,81	71,04	68,82
Punto 25	64,17	65,20	69,27	74,11	69,47	68,04	67,47
Punto 26	73,22	72,32	76,13	76,22	79,32	78,32	72,32
Punto 27	68,51	67,57	75,61	80,45	74,81	72,04	70,82
Punto 28	66,94	65,30	72,23	74,33	72,23	68,04	66,48

Tabla 6. LeqA por cada punto de medición para el compresor

Mapa de ruido a 125 Hz.

En esta frecuencia el nivel mas alto que se encuentra alrededor de la maquina esta entre 81dB y 84 dB, luego decae alrededor de 3dB cuando se dobla la distancia. A partir de 6 metros los niveles se encuentran entre 75dB y 78dB y después de esta distancia el nivel se encuentra entre 72dB y 75dB; un nivel alto, debido a la distancia (casi 10 metros) de la fuente. Después de alejarse alrededor de 12 metros de la fuente, se tendrá más ruido de fondo que el mismo ruido de la máquina.

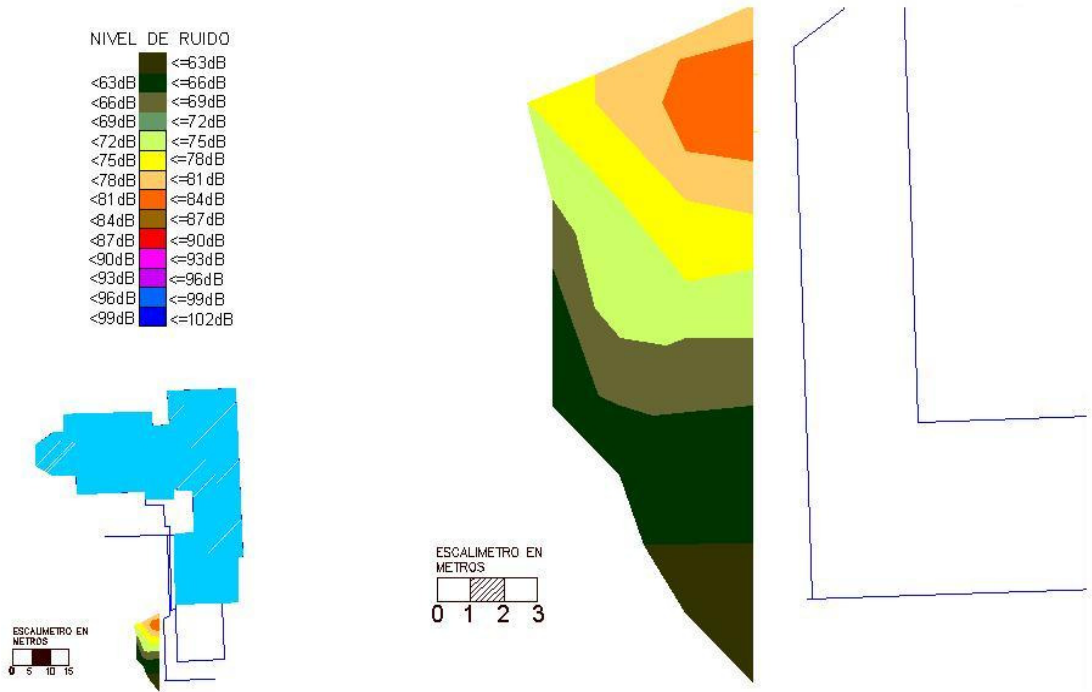


Ilustración 17: Mapa de ruido a 125 Hz. para el compresor

Mapa de ruido a 250 Hz.

A diferencia que el mapa de la frecuencia anterior, en los puntos más cercanos a la fuente, se observa que el nivel es en promedio de 3dB más alto (84dB y 87 dB); se puede observar en el análisis de frecuencia que los niveles de 250Hz. son más altos que los de 125Hz.

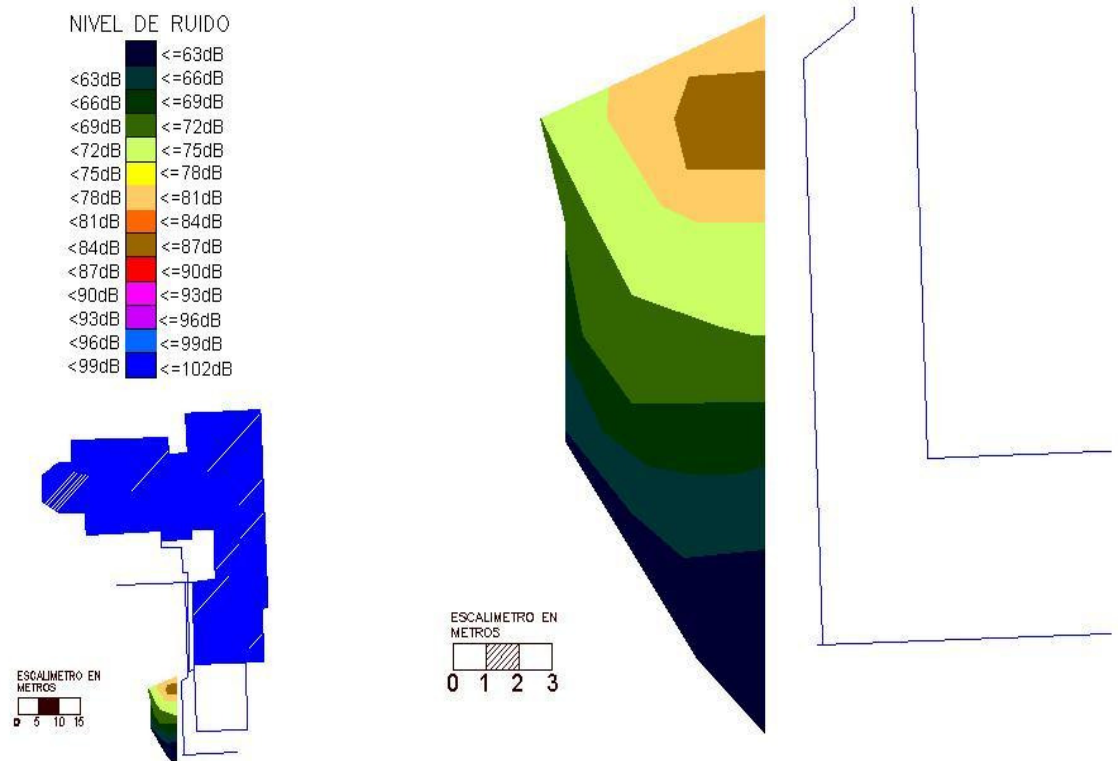


Ilustración 18: Mapa de ruido a 250 Hz. para el compresor

Mapa de ruido a 500 Hz.

En los puntos cercanos a la fuente se encuentran niveles que están entre 90dB y 93dB. En esta frecuencia ya se puede encontrar que los valores a 5 metros en promedio tienden a perjudicar a las personas puesto que sobrepasan los niveles permitidos y aconsejados (85dB). Hasta los 12 metros de distancia entre la fuente y los puntos medidos se encuentra que el nivel esta entre 72dB y 75dB, valores altos teniendo en cuenta la distancia y la disminución por la absorción del aire.

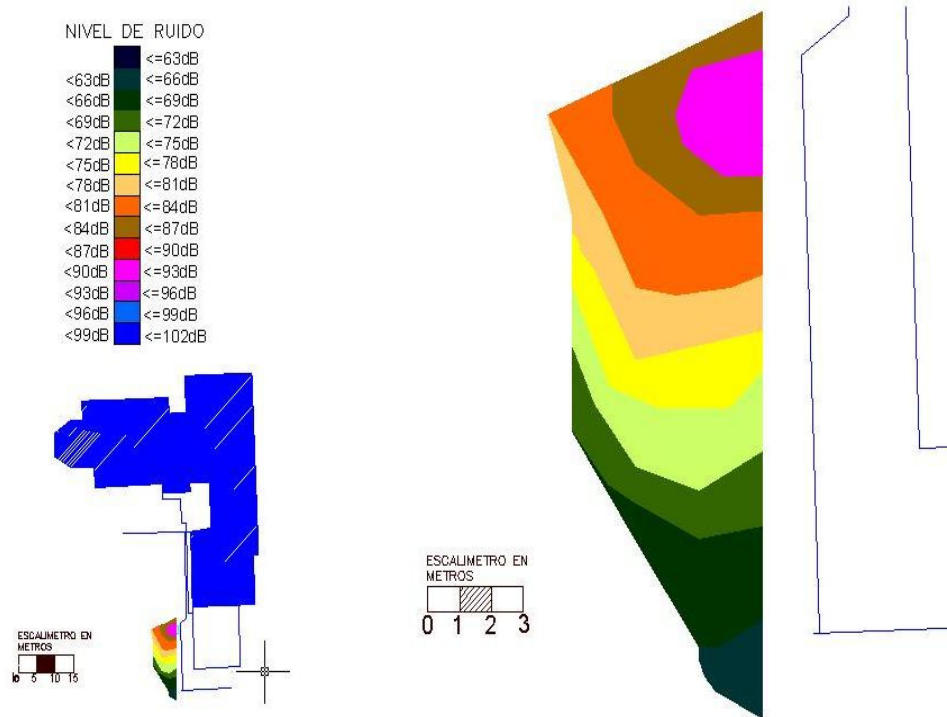


Ilustración 19: Mapa de ruido a 500 Hz. para el compresor

Mapa de ruido a 1000 Hz.

De la misma manera que en la frecuencia de 500 Hz. los niveles se encuentran entre 90dB y 93dB en los puntos mas cercanos a la fuente, lo que indica que el ruido para estos anchos de banda se mantienen de manera similar, pero a diferencia de que en 500 Hz. los niveles entre 72 y 75dB llegan a los 14 metros.

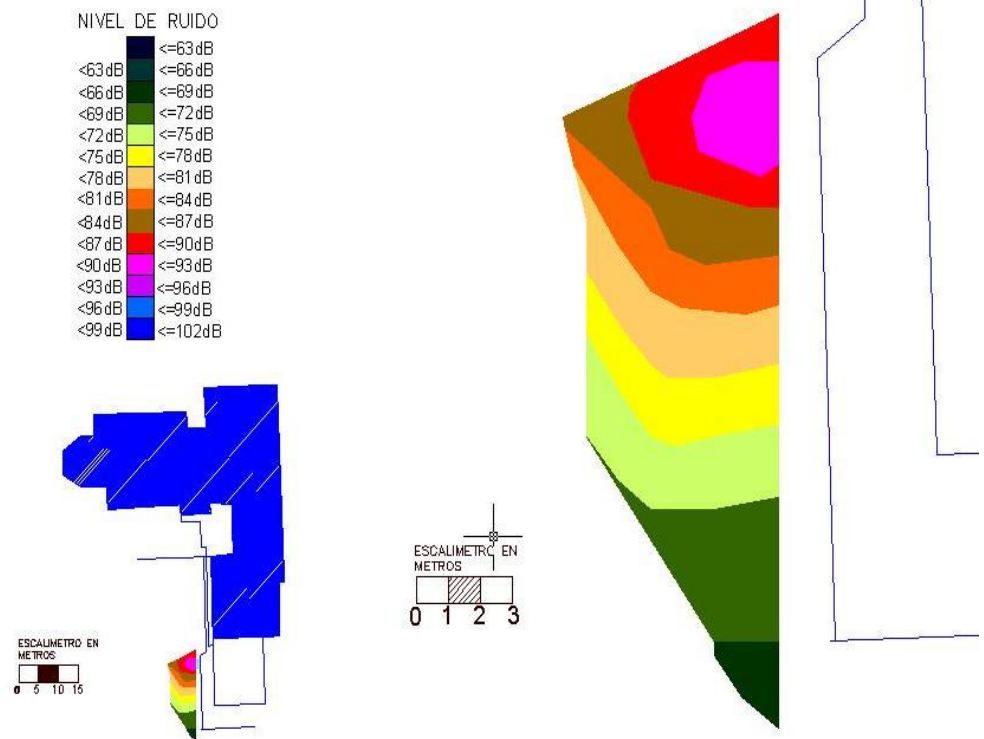


Ilustración 20: Mapa de ruido a 1000 Hz. para el compresor

Mapa de ruido a 2000 Hz.

Esta mapa de ruido muestra que los niveles medios entre los 2 metros a partir de la fuente no superan los 93dB, manteniendo una linealidad aparente entre el ancho de banda de 500 Hz. y 2000 Hz. Esta linealidad esta claramente mostrada en las graficas de análisis e incluso en las graficas de máximos y mínimos, donde se destaca 500 Hz. con un pico. Hasta después de los 6 metros se pueden considerar un ruido normal para el requerimiento que exige la norma.

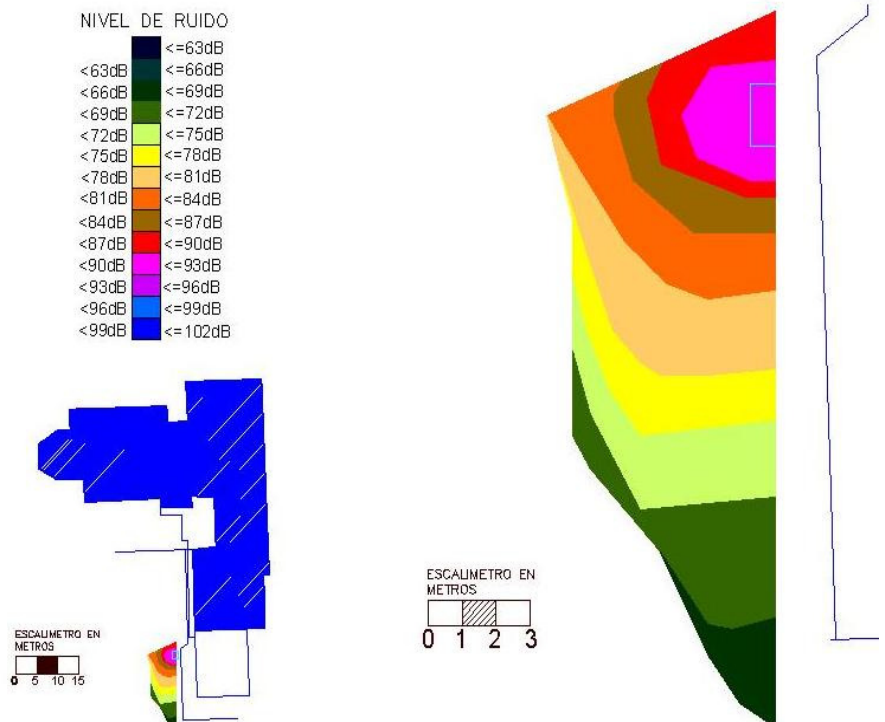


Ilustración 21: Mapa de ruido a 2000 Hz. para el compresor

Mapa de ruido a 4000 Hz.

En esta frecuencia se observa que el nivel a pesar de ser alto, ha disminuido en 3dB, es decir, esta entre 87dB y 90dB, aunque no solo se encuentre alrededor de los 2 metros sino que también este presente a distancias mayores. La disminución se debe a que el espectro de la maquina en alta frecuencias comienza a disminuir, observándose que el nivel desde la fuente hasta 6 metros todavía es alto, pues sobre pasa los 85dB mencionados anterior mente, siendo esta frecuencia clave en el control de la protección auditiva puesto que el oído es mas sensible y tiende a deteriorar la percepción del sonido en esta frecuencia.

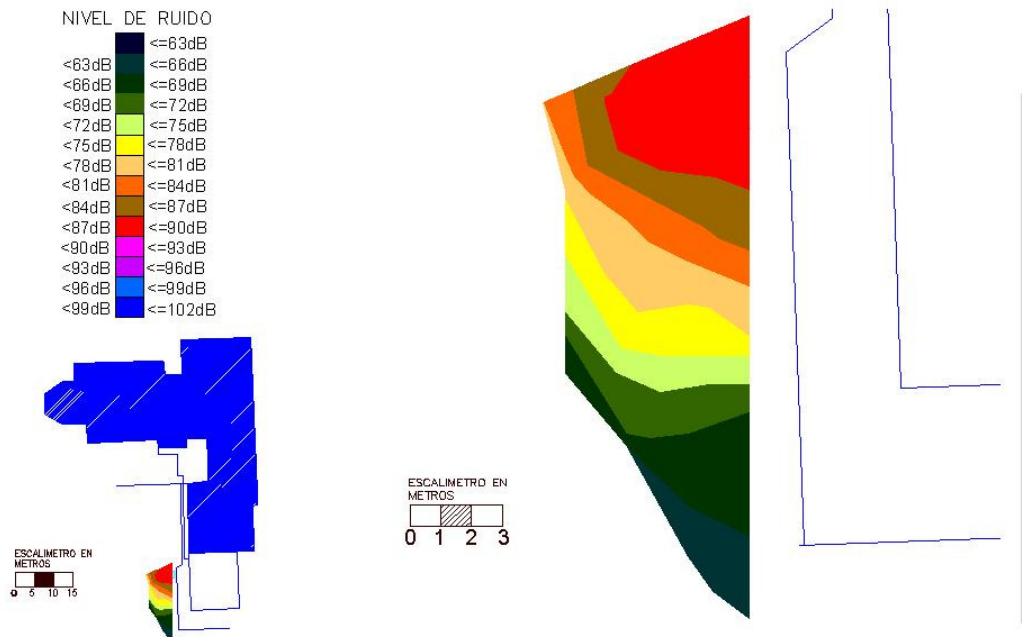


Ilustración 22: Mapa de ruido a 4000 Hz. para el compresor

Mapa de ruido a 8000 Hz.

En este mapa se observa que el nivel alrededor de 2 metros de la fuente esta entre 87dB y 90dB pero en 4 metros decae otros 3dB; en frecuencias altas se observa que el ruido decae a comparación de otros mapas y alrededor de los primeros metros se tiene que los niveles disminuyen hasta 72dB, es decir que lo que se encuentra en adelante puede ser ruido de fondo y un pequeñísima porción de ruido producido por la maquina.

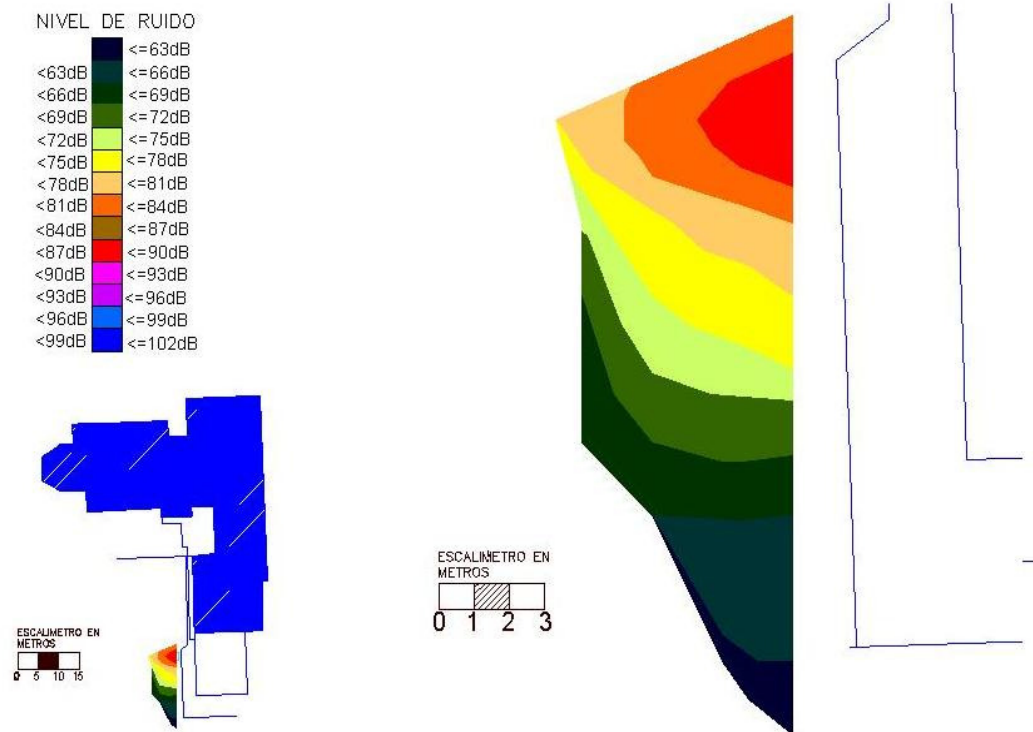


Ilustración 23: Mapa de ruido a 8000 Hz. para el compresor

4.3.2.3. Análisis en Frecuencia

De igual manera que para el taladro neumático, el análisis en frecuencia por 1/3 de octava esta tomado de la captura que se realiza a 2 metros (punto 7) por medio del mismo software, donde se obtienen datos numéricos y se hacen comparaciones del comportamiento en ponderación A y en modo flat. Es valido realizar la aclaración de que dichos análisis fueron tomados de las muestras de audio y la tapa que recubre el motor y el interior de esta máquina estaba cerrada.

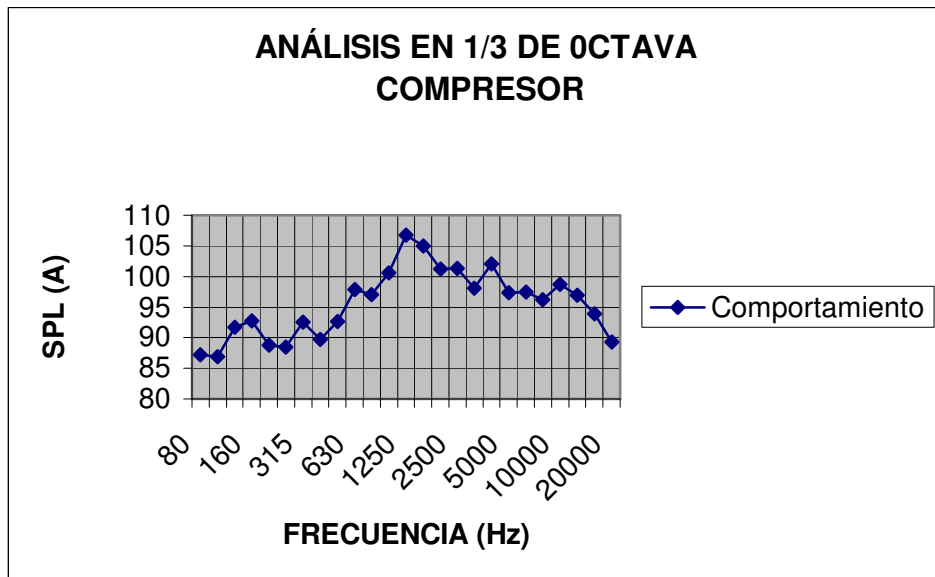


Ilustración 24: Comportamiento de SPL(A) en 1/3 de octava para el compresor

La gráfica muestra, en que frecuencias, como la máquina tiende a comportarse frente al oído humano (SPL ponderado en A); se encuentra un pico en las bandas de 1250Hz y 2000Hz, donde se reafirma (tras visualizarlo en los mapas de dichas frecuencias) que estas bandas son las que producen un mayor nivel de energía a 2 metros de la fuente, donde el ruido es menos significativo a bajas frecuencias.

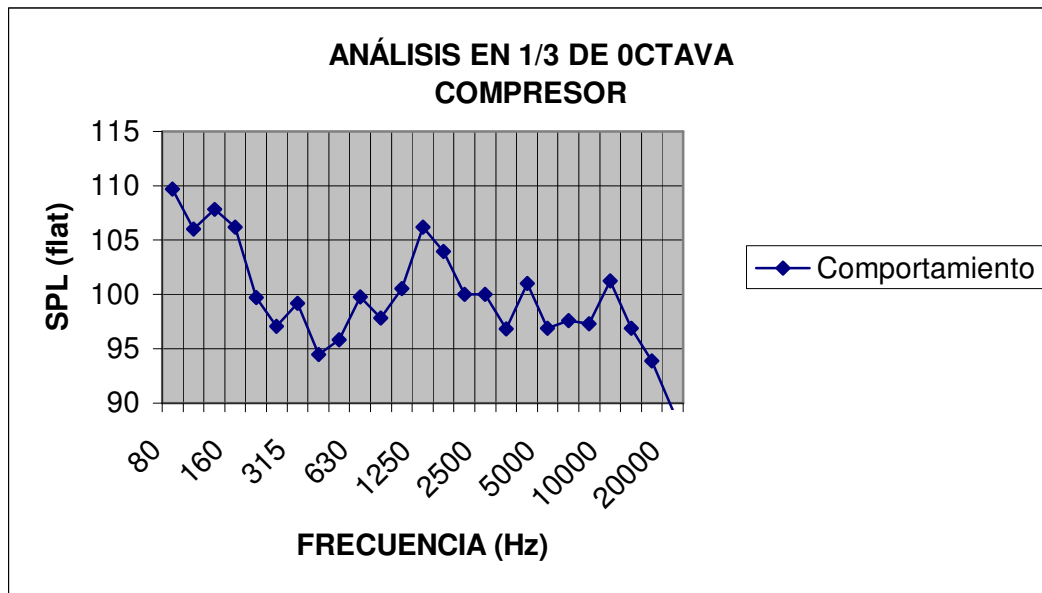


Ilustración 25: Comportamiento de SPL(Flat) en 1/3 de octava para el compresor

Al observar la gráfica se presenta que la maquina genera niveles bastante elevados en bajas frecuencias (desde 80Hz hasta 160Hz), alcanzando casi los 110dB y de la misma manera entre 1250Hz y 2500Hz, teniendo frecuencias medias relevantes. Teniendo el conocimiento del comportamiento en frecuencia de esta clase de equipo se puede establecer condiciones para su manejo y/o manipulación.

En este punto de medición exceden los 90dB (para el rango de frecuencias audible de un ser humano), lo que significa que está por encima de los niveles estipulados dentro de las normas, además de que cualquier persona que tenga que estar determinado tiempo a esta distancia (por ubicación o espacio de la obra) está expuesto a valores sumamente altos de ruido que si no son controlados de una manera adecuada pueden llegar a ser riesgosos.

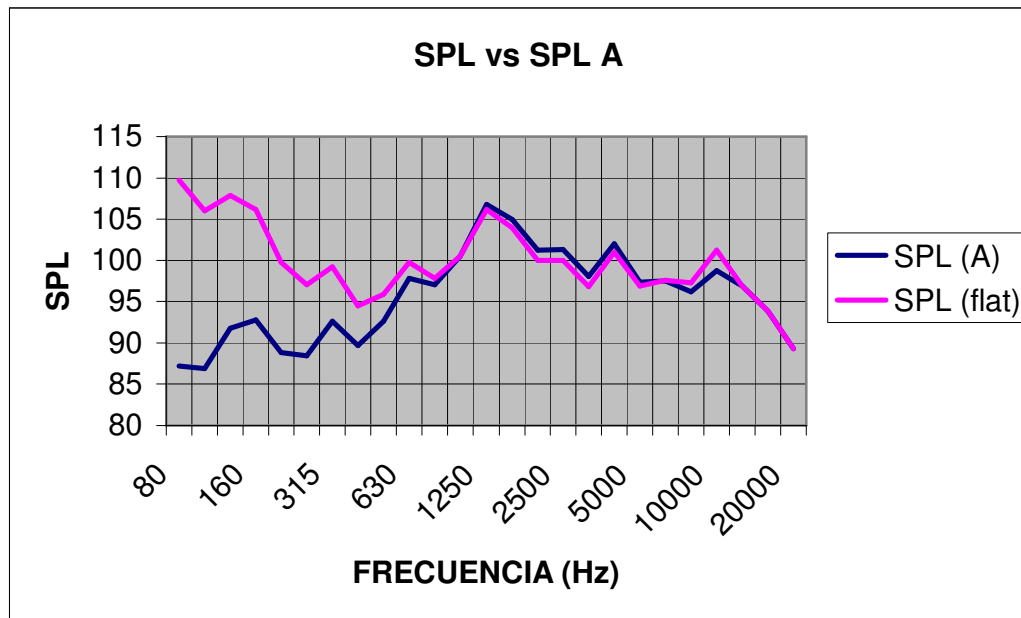


Ilustración 26: Comparación en 1/3 de octava de SPL(Flat) y SPL(A) para el compresor

Se observa que los filtros para los diferentes tipos de ponderaciones afectan la visualización de las frecuencias y se debe tener en cuenta el objetivo del análisis para no tener inconvenientes. Si dicho objetivo es observar el comportamiento de la maquina, se deberá hacerlo en dB(C), o en su defecto Flat, pero si se quiere realizar un mapeo y/o conocer como se pueden ver afectadas las personas que se encuentran alrededor de la maquina, será de gran importancia realizarlo en dB(A). El comportamiento en ponderación A y Flat se empieza a asimilar en frecuencias medias (luego de los 1000 Hz. aproximadamente)

4.3.2.4. NIVELES MAXIMOS Y MINIMOS

Estos valores son tomados a dos metros de la fuente y medidos en respuesta rápida (fast), de la misma manera como la anterior máquina. Al mismo tiempo, el compresor estaba recubierto por su tapa.

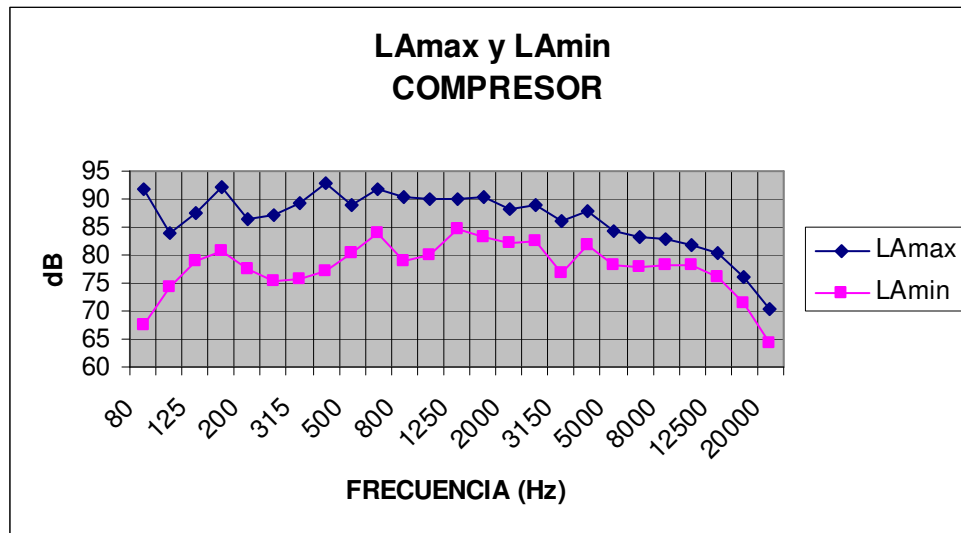


Ilustración 27: Comparación en 1/3 de octava de LAmax y LAmin para el compresor

La relación entre los niveles máximos y mínimos para el compresor de aire es más estrecha que para el taladro neumático, ya que durante el tiempo de medición no existieron variaciones significativas (el ruido de esta máquina es continuo). Se pueden llegar a presentar errores sistemáticos a bajas frecuencias debido a pequeñas alteraciones en el ambiente laboral. Su contenido en baja frecuencia se evidencia tal y como se observaba en el análisis por 1/3 de octava.

4.4. ENCUESTAS SUBJETIVAS A LOS TRABAJADORES

A continuación se presenta la encuesta realizada 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. Cada uno de los trabajadores encuestados mantiene un contrato directo con la empresa a la fecha de la realización de la misma encuesta.

FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA

Diseño técnico: Oscar Andrés Gómez – Briham David Guzmán

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

4.4.1. 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:

EDAD	CARGO	NIVEL ACADEMICO	ESTADO CIVIL	EXPERIENCIA LABORAL
50	OFICIAL DE OBRA	HASTA 11o	UNION LIBRE	40 AÑOS
57	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 4o	SOLTERO	5 AÑOS
61	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 6o	CASADO	6 AÑOS
56	MAESTRO DE OBRA	HASTA 9o	CASADO	15 AÑOS
56	OFICIAL DE OBRA	HASTA 5o	CASADO	20 AÑOS
42	OFICIAL DE OBRA	HASTA 3o	UNION LIBRE	25 AÑOS
41	OFICIAL DE OBRA	HASTA 3o	UNION LIBRE	10 AÑOS
57	OFICIAL DE OBRA	HASTA 5o	CASADO	15 AÑOS
46	OFICIAL DE OBRA	HASTA 6o	CASADO	16 AÑOS
35	MAESTRO DE OBRA	HASTA 5o	CASADO	12 AÑOS
47	OFICIAL DE OBRA	HASTA 5o	UNION LIBRE	25 AÑOS
33	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	UNION LIBRE	12 AÑOS
48	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	SEPARADO	5 AÑOS
26	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	SOLTERO	3 AÑOS
28	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	SOLTERO	6 AÑOS
34	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	SOLTERO	4 AÑOS
26	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	SOLTERO	5 AÑOS

21	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 7o	UNION LIBRE	4 AÑOS
30	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	SOLTERO	3 AÑOS
56	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	SEPARADO	22 AÑOS
41	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 2o	UNION LIBRE	15 AÑOS
66	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 2o	VIUDO	12 AÑOS
45	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	CASADO	8 AÑOS
52	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 1o	SOLTERO	3 AÑOS
36	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 5o	SOLTERO	15 AÑOS
23	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 7o	SOLTERO	7 AÑOS
52	OFICIAL DE OBRA	HASTA 7o	CASADO	5 AÑOS
40	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 3o	UNION LIBRE	2 AÑOS
25	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	VIUDO	3 AÑOS
28	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	SOLTERO	3 AÑOS
50	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	SOLTERO	20 AÑOS
21	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	SOLTERO	2 AÑOS
24	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	UNION LIBRE	3 AÑOS
44	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	CASADO	6 AÑOS
20	AYUDANTE DE OBRA	HASTA 11o	SOLTERO	17 AÑOS
48	DIRECTOR DE OBRA	POSTGRADO	CASADO	25 AÑOS
25	RESIDENTE DE OBRA	UNIVERSITARIO	CASADO	3 AÑOS
21	ALMACENISTA	HASTA 11o	SOLTERO	3 AÑOS
27	ALMACENISTA	UNIVERSITARIO	UNION LIBRE	3 AÑOS
25	RESIDENTE DE OBRA	UNIVERSITARIO	SOLTERA	2 AÑOS

Tabla 7. Perfil de los encuestados

4.4.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Los resultados de la encuesta se presentan por medio de un análisis específico de cada pregunta (gráficas, hipótesis, perfiles, etc.) y un análisis estadístico general. Es de gran importancia tener en cuenta hacia “donde” está dirigida cada pregunta, por lo que se obtendrán resultados de gran relevancia para la conclusión del proyecto.

4.4.2.1. ANÁLISIS ESPECÍFICO DE CADA PREGUNTA

Grado de Molestia al Ruido

La molestia al ruido en los trabajadores de la empresa puede variar dependiendo de la costumbre o del tiempo en que llevan trabajando expuestos a este factor. De igual manera no todos los encuestados tienen el mismo oficio, por lo que el ruido puede llegar a ser mas molesto para quien opera la maquinaria que para quien esta cerca de ella. Por esto, calificar el grado de molestia al ruido es de gran importancia, ya que se esta identificando quienes toleran o no, de cierta manera, niveles de ruido altos. Hay que resaltar que el nivel académico de la mayoría de los trabajadores es bastante bajo, por lo que para algunos el ruido en su ambiente laboral es simplemente un factor al que no se le debe dar mayor importancia.

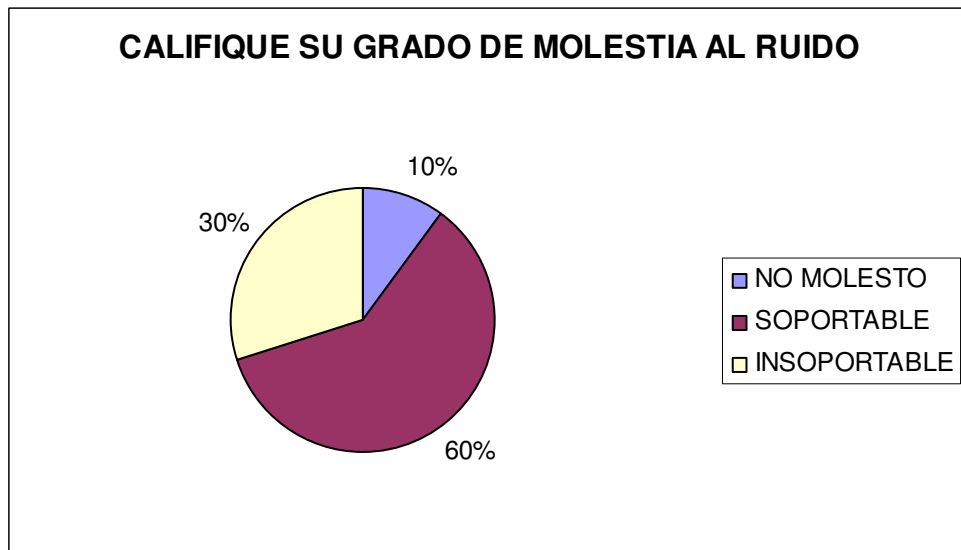


Ilustración 28: Grado de molestia al ruido

Para la mayoría de los trabajadores (60%) el ruido es soportable. Dentro de este porcentaje se encuentran el Director de obra, los residentes y los almacenistas,

debido a que no están expuestos directamente a niveles de ruido altos. Su oficio se limita más a trabajar en zonas alejadas de la obra teniendo en cuenta que realizan visitas a ella todos los días laborales.

De los ayudantes de obra, se incluyen en la mayoría un 72%, mientras que un 16% aseguran de que el ruido es insoportable y un 12% no molesto.

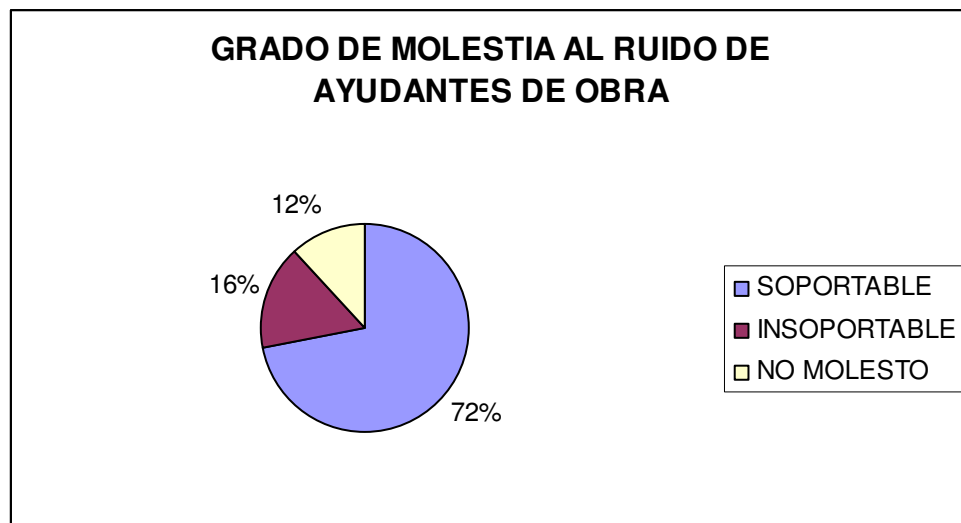


Ilustración 29: Grado de molestia al ruido de ayudantes de obra

Los ayudantes de obra que consideran insoportable los niveles de ruido están relacionados con el manejo o manipulación de la maquinaria, mientras que del 12% de quienes aseguran no ser molesto el ruido, aún estando expuestos de manera directa, sobrepasan los 52 años de edad y su nivel académico es inferior a 6 grado. Por el contrario, las edades de los trabajadores que aseguran ser insoportable el ruido no sobrepasan los 28 años, y están repartidas de la siguiente manera:

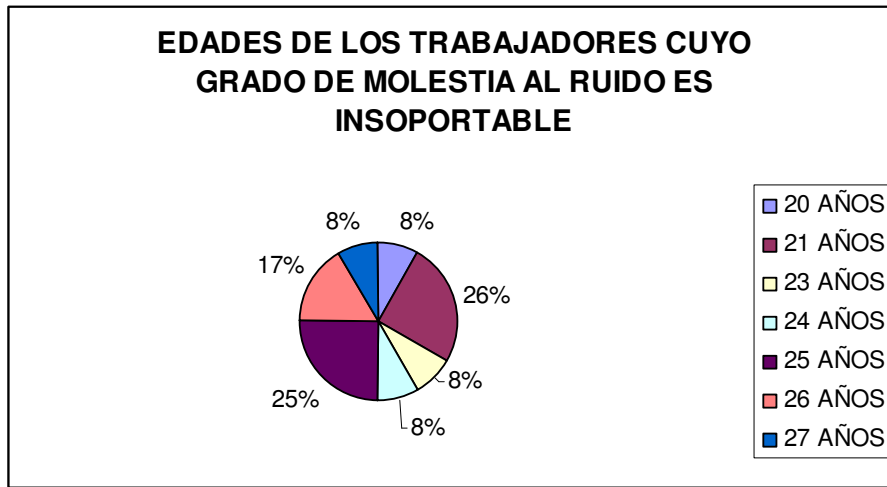


Ilustración 30: Edades de los trabajadores (ruido insoportable)

Pregunta No. 1

Tras haber realizado un sin numero de estudios, se ha demostrado que el ruido en el ambiente de trabajo puede producir molestias a quienes están expuestos a dicho factor. De igual manera los resultados de la encuesta lo evidencian, por lo que es de gran importancia procurar que un día laboral de trabajo sea lo menos dispendioso.

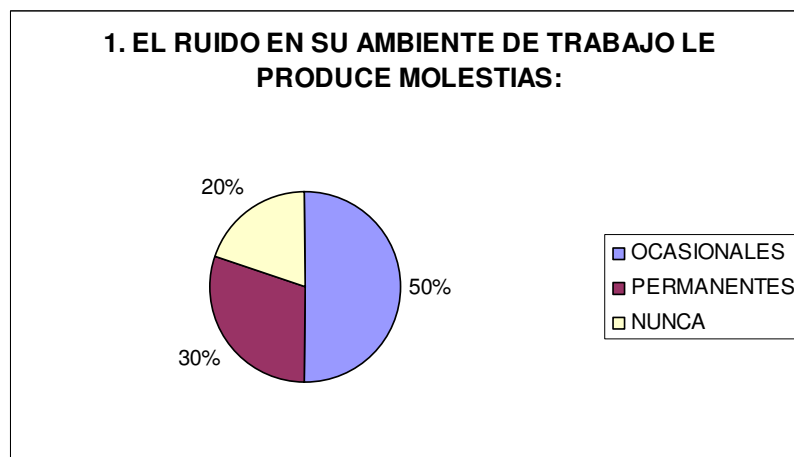


Ilustración 31: Resultados Pregunta No. 1

Un 80% de los trabajadores encuestados aseguran haber tenido molestias debido al ruido en su ambiente de trabajo, lo cual es una cifra bastante alta, donde se requiere de una mejora inmediata. El 50% de los encuestados que afirman que han tenido molestias ocasionales, cubren casi todo el rango de edades: desde los 20 años hasta los 57 años de edad. Quienes han tenido molestias permanentes se dividen entre ayudantes y oficiales, quienes permanecen la mayoría de tiempo en obra y cerca de las fuentes de ruido.

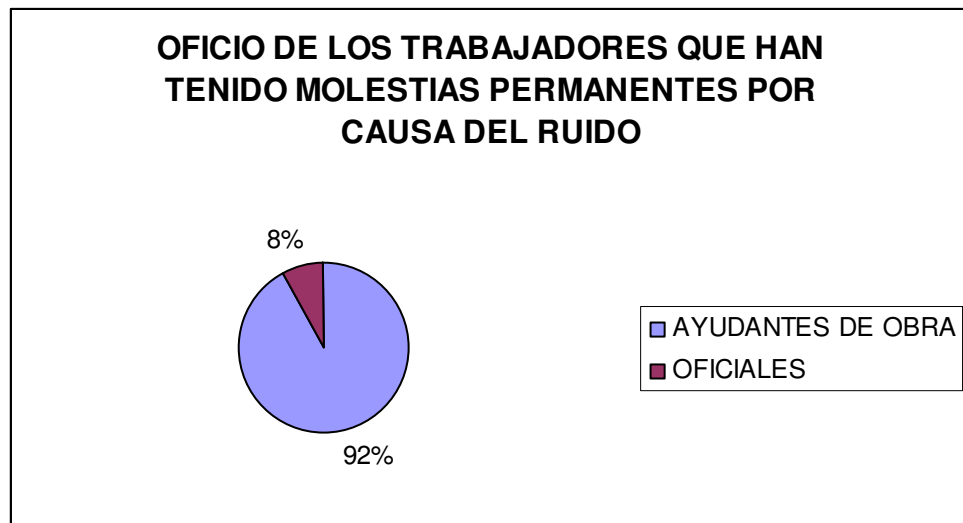


Ilustración 32: Análisis Pregunta No. 1

Preguntas No. 2 y 3

Para empezar a detectar problemas en la audición de los trabajadores por niveles altos de ruido en su ambiente de trabajo, es de relevancia saber si se presentan o no zumbidos en los oídos (tinnitus) y con que intensidad ocurren. Aunque el daño ya es permanente, se puede evitar que empeore este tipo de lesión, ya que puede conllevar a problemas mucho mas graves. Lo importante es proteger a cada trabajador y cuidar de su sistema auditivo.

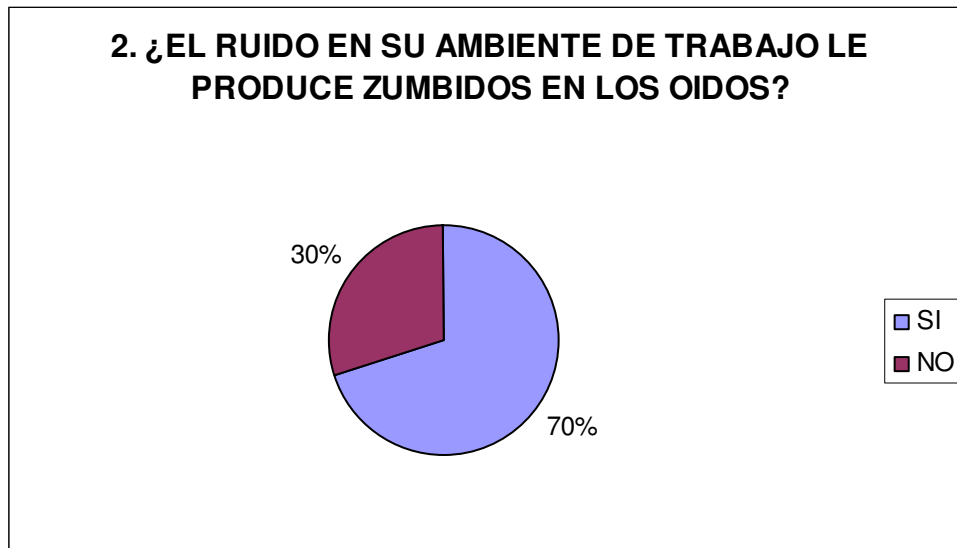


Ilustración 33: Resultado Pregunta No. 2

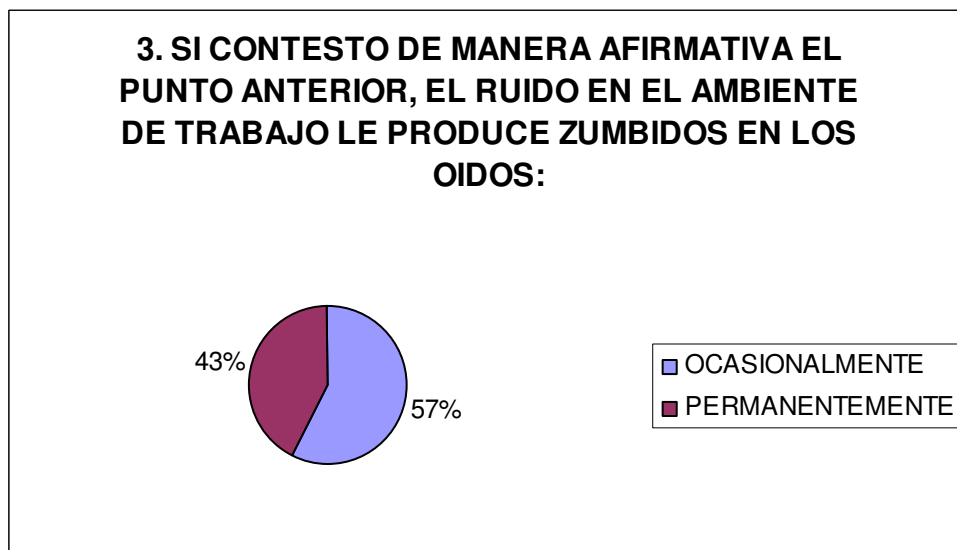


Ilustración 34: Resultado Pregunta No. 3

Del 70% que respondieron SI a la pregunta No. 2, los trabajadores que menos tiempo llevan en su labor predominan. También los ayudantes de obra son quienes más han sentido dichos zumbidos en los oídos, ya sea de manera ocasional o permanente. Es de importancia reconocer que la causa más común de

dichos zumbidos es la exposición al ruido; aunque el ruido a niveles altos no sea molesto, se recomienda usar protección auditiva. La tolerancia al ruido varía según el nivel y el tiempo de exposición, aunque existen factores sociales que hacen que esta tolerancia varíe según la edad de los trabajadores o hasta su mismo nivel académico.

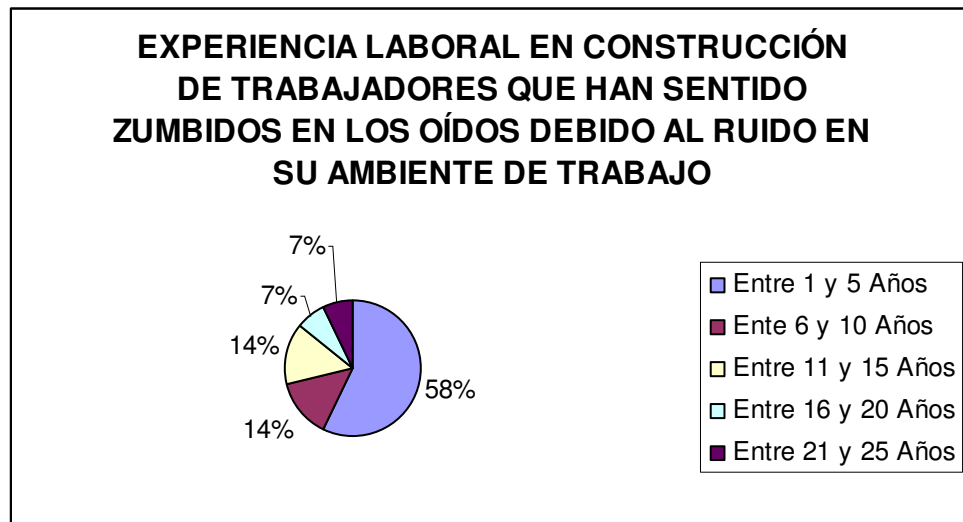


Ilustración 35: Análisis Pregunta No. 3

Pregunta No. 4

Dentro de las molestias mencionadas anteriormente, puede existir el dolor de manera sensorial, el cual es un factor de mayor cuidado para quien ejerce cualquier tipo de labor. El dolor incide en el comportamiento y en el rendimiento del trabajador, haciéndose necesario la toma de precauciones.

4. EL RUIDO EN SU AMBIENTE DE TRABAJO LE PRODUCE DOLOR EN SUS OIDOS O EN LA CABEZA:

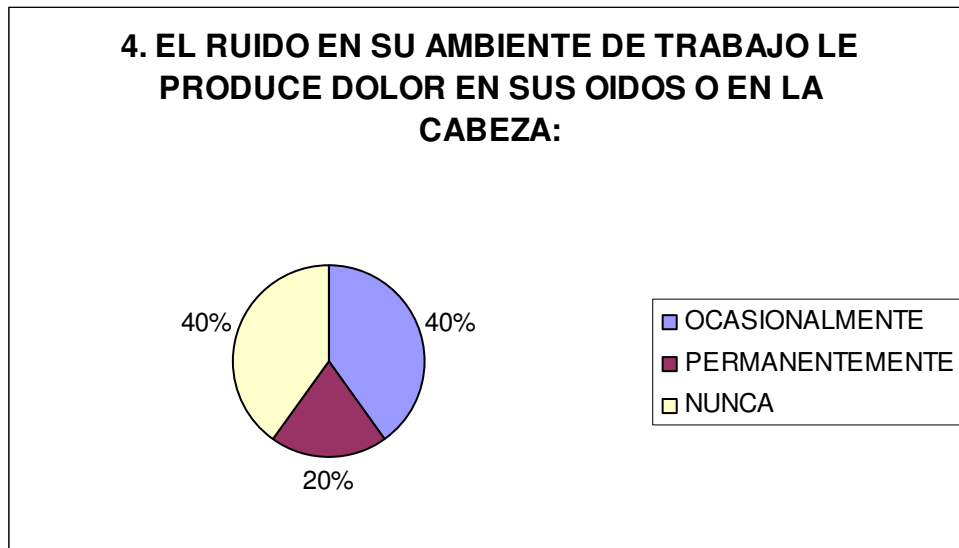


Ilustración 36: Resultado Pregunta No. 4

Más de la mitad de los trabajadores han sentido algún tipo de dolor debido al ruido en su ambiente laboral, ya sea de manera ocasional o permanente. Del 40% de los trabajadores que afirmaron que nunca han sentido algún dolor, la mayoría de ellos está vinculado a trabajos fuera de la obra. Quienes afirman sentir dolores de manera permanente (20%, equivalente a 8 personas) deben tener un tratamiento especial por parte de la empresa, tras realizar un control médico por medio de sus afiliaciones (EPS) y contemplar cualquier tipo de incapacidad (ARP). Los oficios de estos 8 trabajadores están divididos solamente entre ayudantes y oficiales.

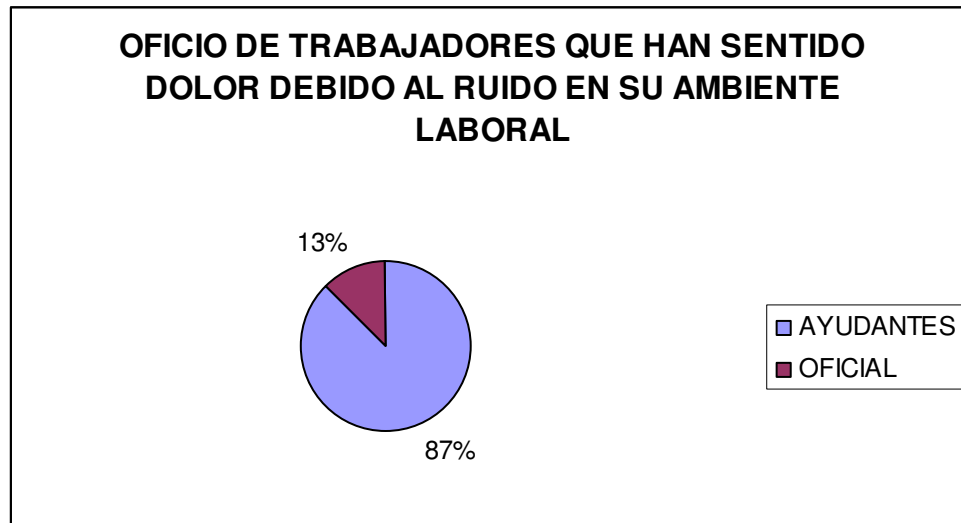


Ilustración 37: Análisis Pregunta No. 4

Pregunta No. 5

En todas las empresas de construcción se deberían realizar reconocimientos médicos acerca de como esta la audición de quienes pretenden ingresar como trabajadores. De igual manera, cuando se termina su contrato o simplemente se desvincula de la empresa por cualquier motivo. Esto con el fin de identificar si el trabajador venia con daños en su audición o no y establecer condiciones especificas dependiendo del estado de cada uno. Luego de la desvinculación del trabajador, el estado de su audición debería ser igual a como estaba antes de ingresar a la empresa.

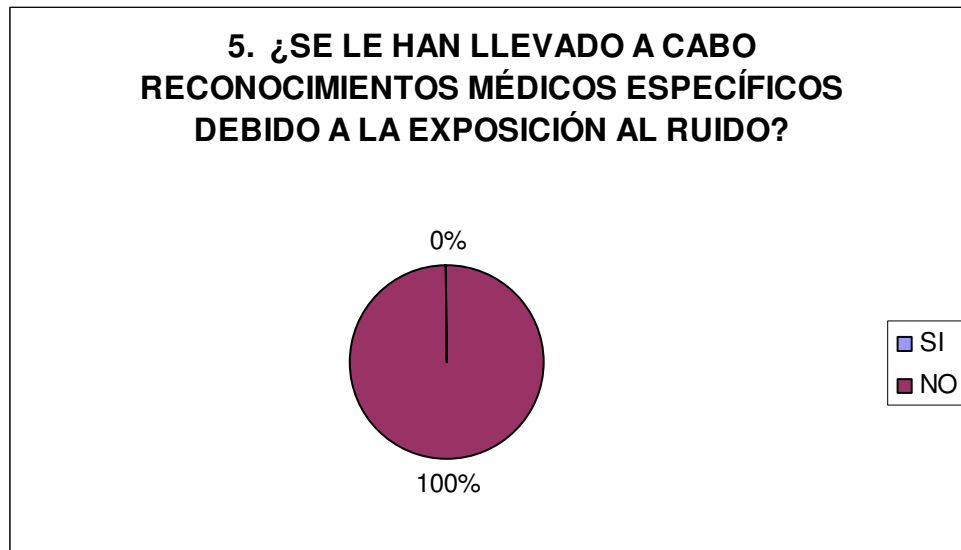


Ilustración 38: Resultado Pregunta No. 5

Pregunta No. 6

Un problema que genera el ruido a niveles muy altos es la comunicación verbal con otras personas, y más aun en ambientes de trabajo, donde en muchos casos se tiene que dar o recibir información a cerca de alertas, mensajes de ayuda, etc.



Ilustración 39: Resultado Pregunta No. 6

La mayoría de los trabajadores (90%) reconocen las falencias en la comunicación verbal con sus mismos compañeros tras tener el ruido de la maquinaria en su entorno de trabajo. El 10% restante, equivalente a solo 4 personas, superan la edad de 52 años y tienen un nivel académico inferior a 5 grado de primaria. Esta minoría no tiene conocimiento alguno a cerca del ruido, ya que simplemente después de haber trabajado tanto tiempo se vuelve una costumbre; un factor de su trabajo que no tiene importancia.

Pregunta No. 7

La importancia de reconocer que en el desarrollo de proyectos de construcción se esta expuesto a niveles de ruido muy altos y que pueden llegar a afectar la audición es vital para el interés de cada uno de los trabajadores. La misma empresa debe evitar todo tipo de riesgos laborales, creando una conciencia en cada uno de ellos, capacitándolos en seguridad industrial y brindándoles la protección adecuada para evitar daños.

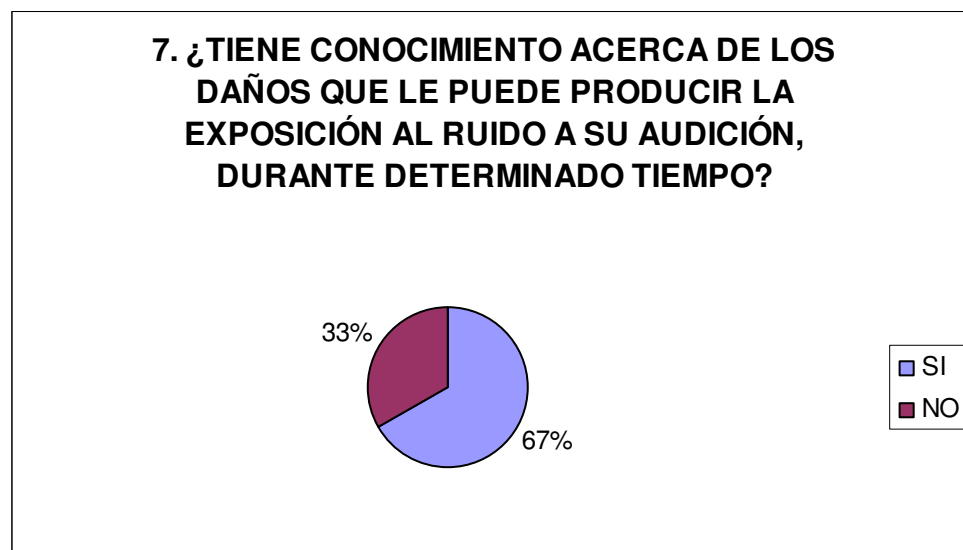


Ilustración 40: Resultado Pregunta No. 7

Existe un valor bastante alto de los trabajadores que no tienen conocimiento acerca de los daños que puede sufrir la audición por la exposición al ruido. De este 33%, los niveles académicos influyen, como se muestra en la siguiente tabla:

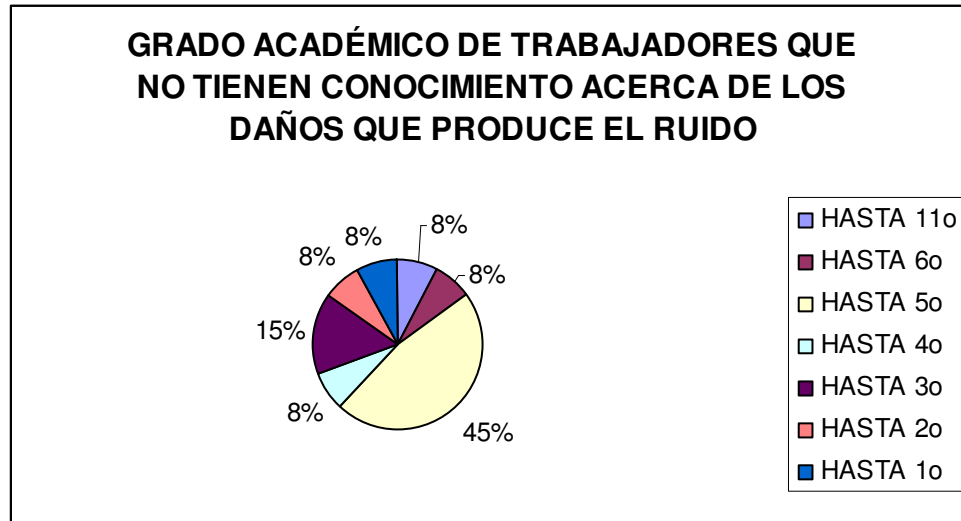


Ilustración 41: Análisis Pregunta No. 7

El porcentaje mayor (45%) representa que los trabajadores solo cursaron hasta 5º de primaria.

Preguntas No. 8 y 9

La audición de cualquier trabajador de la empresa puede estar afectada no solo por el oficio que desempeña, ya que existen otros factores en la vida cotidiana de cada uno de ellos. Lo importante es que estos factores agregados pueden llegar a contribuir al daño del sistema auditivo, aunque se reconozca que en la mayoría de casos los niveles más altos de ruido se tienen en el ambiente de trabajo.

Se sabe que existen múltiples factores dentro del ruido no ocupacional que de igual manera pueden incidir en el estado de la audición, por lo que de antemano

se deben discriminar para evaluaciones o investigaciones posteriores y concentrarse en solamente el ruido ocupacional.

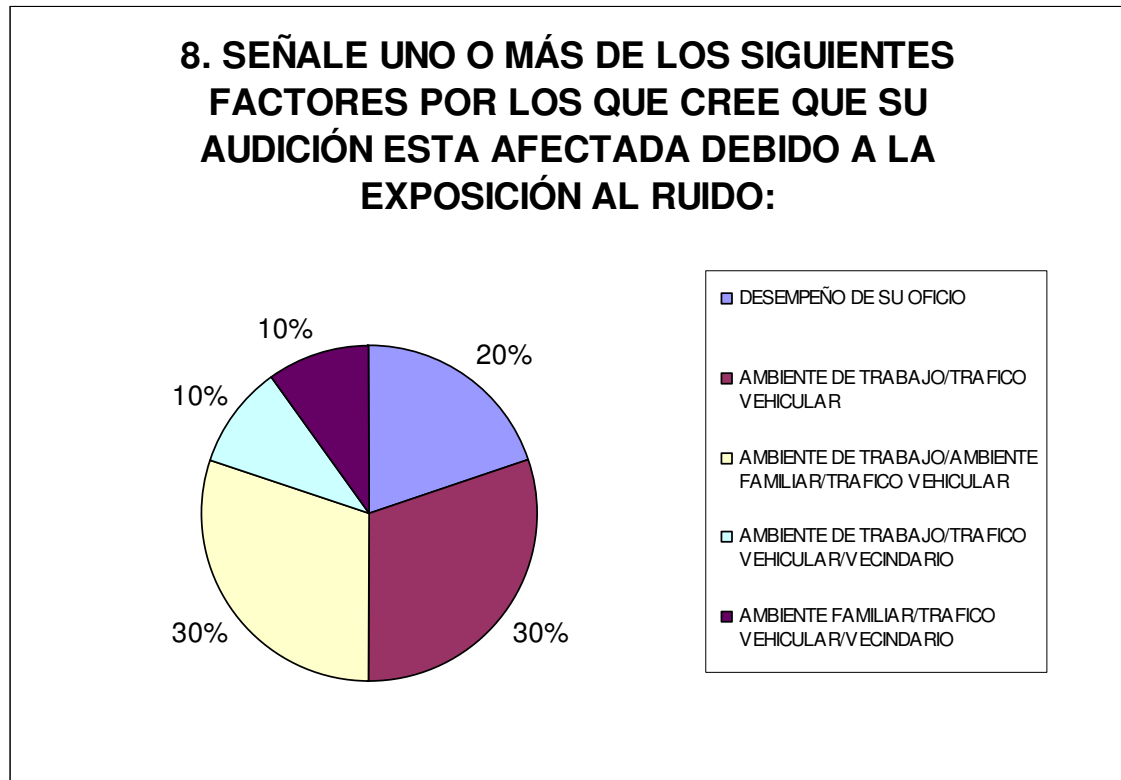


Ilustración 42: Resultado Pregunta No. 8

La diferencia entre el desempeño de su oficio y su ambiente de trabajo radica en que para el primer factor los trabajadores tienen dentro de sus oficios la obligación de manipular la maquinaria que se necesite para determinado labor o proceso en construcción. El ambiente de trabajo abarca cualquier tipo de ruido al que cualquier trabajador puede estar expuesto. Es claro que estos factores son los que se consideran de “mayor riesgo”, así estén relacionados con el tráfico vehicular, el ambiente familiar, etc.

El ambiente familiar es un factor a tener en cuenta en investigaciones futuras, ya que dentro de estratos menores y cargos como ayudante de obra, se encuentra

presente de manera particular (niños, gritos, maltrato, etc.); puede llegar a convertirse en una fuente de ruido que conlleve, de la mano con el ambiente laboral, a pérdidas auditivas.

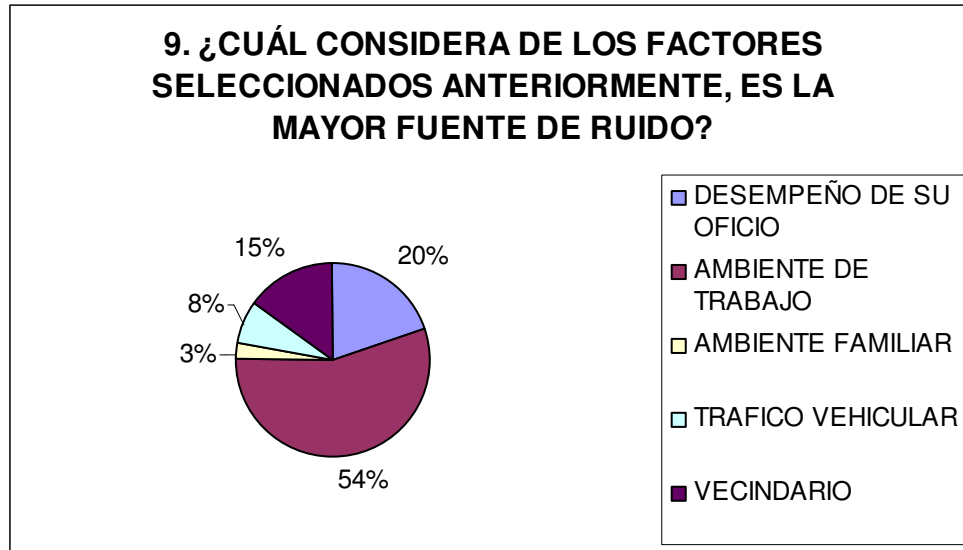


Ilustración 43: Resultado Pregunta No. 9

El mayor factor que los trabajadores consideran que está afectando su audición es su ambiente de trabajo. Factores como el ambiente familiar o su sitio de residencia no son relevantes a la hora de evaluar fuentes de ruido de consideración. El cargo de los trabajadores que consideraron el ambiente de trabajo como mayor fuente de ruido esta distribuida de la siguiente manera:

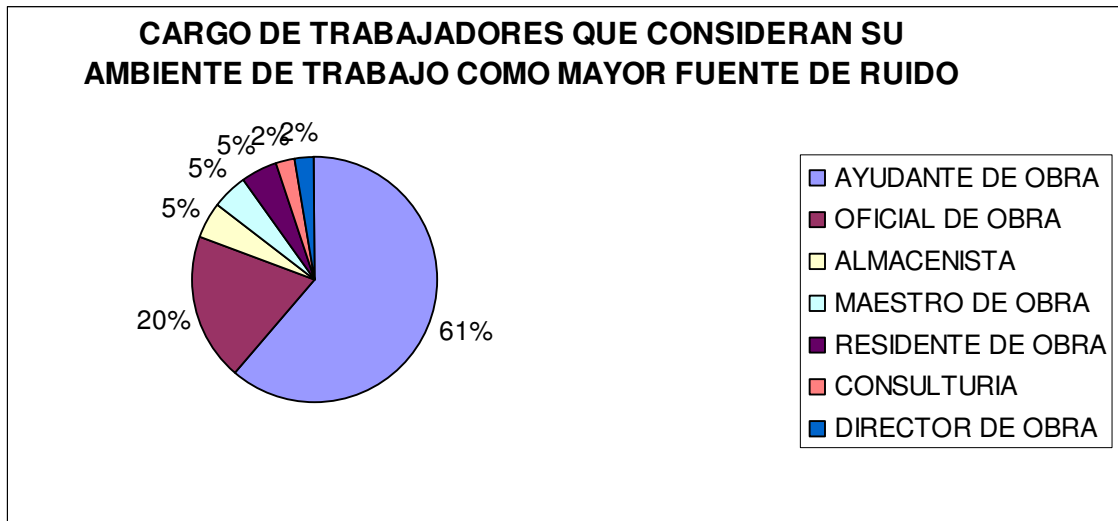


Ilustración 44: Análisis Pregunta No. 9

Pregunta No. 10

Los trabajadores de la empresa deben tener el conocimiento de qué entidad les brindaría ayuda en caso de pérdidas temporales o permanentes en su audición debido al desempeño de su oficio. Aunque este tipo de accidente no se presenta de manera inmediata ni es tan evidente como otros (caída de un andamio, golpes con objetos de construcción, etc.) debe tener y se le debería prestar la misma importancia. Los daños en la audición son irreversibles.

10. ¿QUÉ ENTIDAD CONSIDERA USTED LE BRINDARÍA ASISTENCIA MÉDICA EN CASO DE SENTIRSE AFECTADO POR EL RUIDO?

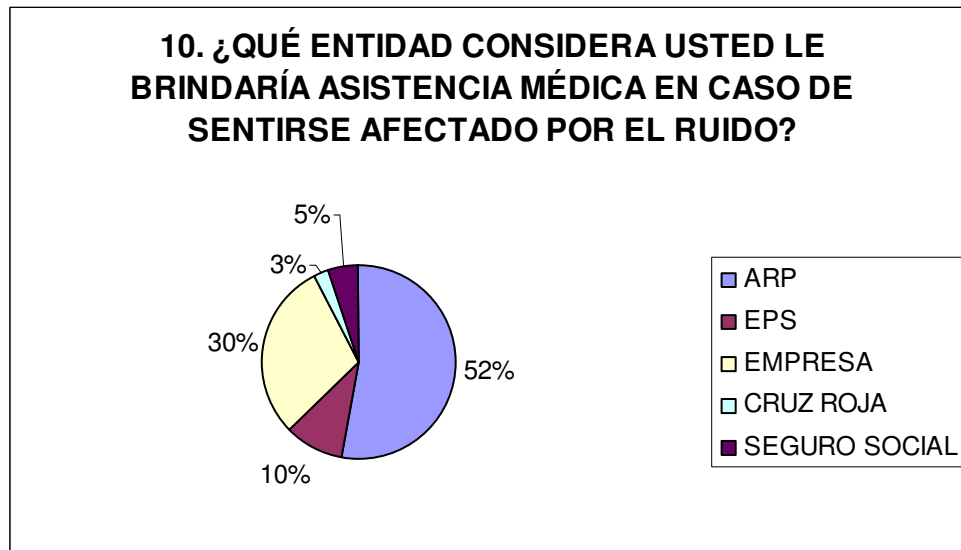


Ilustración 45: Resultado Pregunta No. 10

La empresa **CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.** brinda todos los servicios parafiscales, según leyes, a quienes trabajan para la misma. Aunque no sea la entidad que brindaría asistencia médica como tal en caso de accidentes laborales, existe un 30% quienes piensan que es una función por la que la misma empresa debe responder. Siendo la EPS la entidad encargada de dicha cobertura, solo un 10% (4 trabajadores) tienen este conocimiento, mientras que más de la mitad (52%) piensa que la ARP (Administradora de Riesgos Profesionales) es la principal entidad que prestaría el servicio de asistencia médica, evidenciándose un desconocimiento del 90% de los trabajadores. Sus oficios se dividen de la siguiente manera:

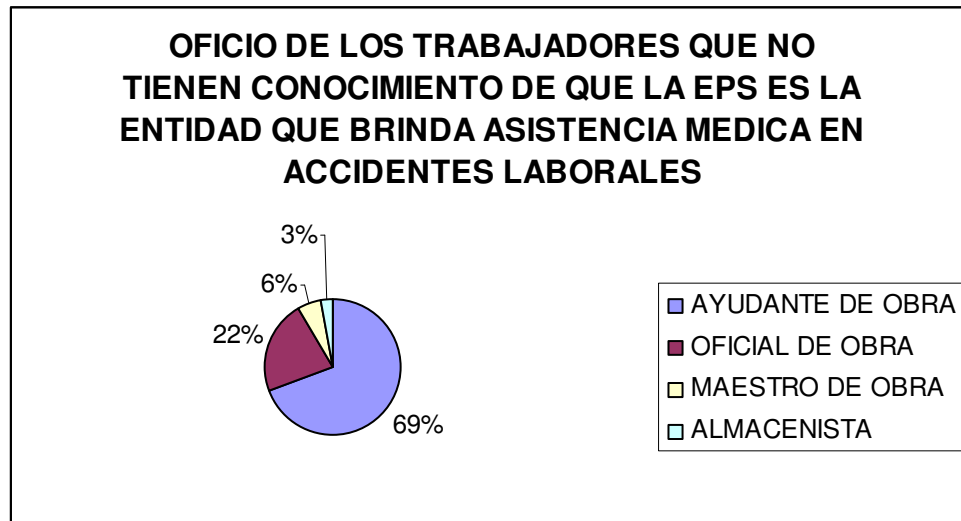


Ilustración 46: Análisis Pregunta No. 10

Todos los ayudantes (25), oficiales (8) y maestros (2), además de uno de dos almacenistas, están representados en la anterior gráfica, teniendo en cuenta que son ellos mismos que escogen la EPS a la que se quieren afiliar (Sanitas, Famisanar, Saludcoop, entre otras). Esto demuestra que puede existir una confusión entre la EPS y la ARP. Mientras la EPS brinda el servicio médico como tal, la ARP responde económicamente por dicha atención.

La **ARP Bolívar** es la entidad escogida por la empresa **CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.**, la cual “cumple con las disposiciones y normas vigentes en salud ocupacional relacionadas con la prevención de accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y el mejoramiento de las condiciones de salud y trabajo de la población trabajadora afiliada”.

Pregunta No. 11

De antemano se sabía que en la empresa nunca se habían realizado mediciones de ruido en el ambiente laboral. Simplemente se está corroborando que si no se han realizado este tipo de mediciones, se deben efectuar para llegar a un control y evitar daños en la audición de los trabajadores.

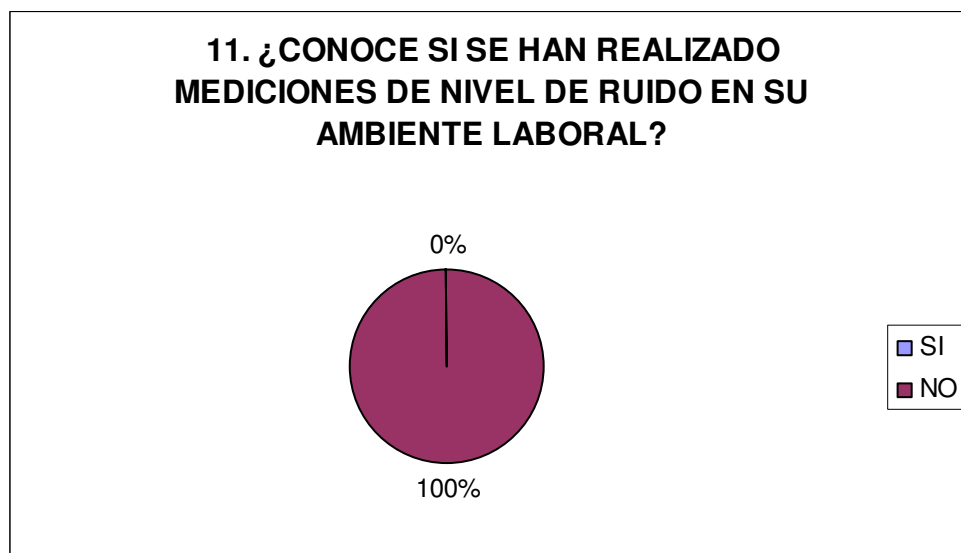


Ilustración 47: Resultado Pregunta No. 11

Preguntas No. 12 y 13

Es obligación de cualquier empresa velar por la integridad física de sus empleados, por lo que deben suministrar protección auditiva a todos los trabajadores que se vean expuestos directa o indirectamente al ruido. A niveles muy altos de ruido no solo se verán afectados quienes operan la maquinaria, sino también quienes se encuentran a distancias cortas de la fuente. De igual manera, si la empresa brinda dicha protección, es obligación de los trabajadores utilizarla

siempre que estén expuestos al ruido. El trabajo en conjunto de ambas partes colabora para un mejor clima de trabajo.

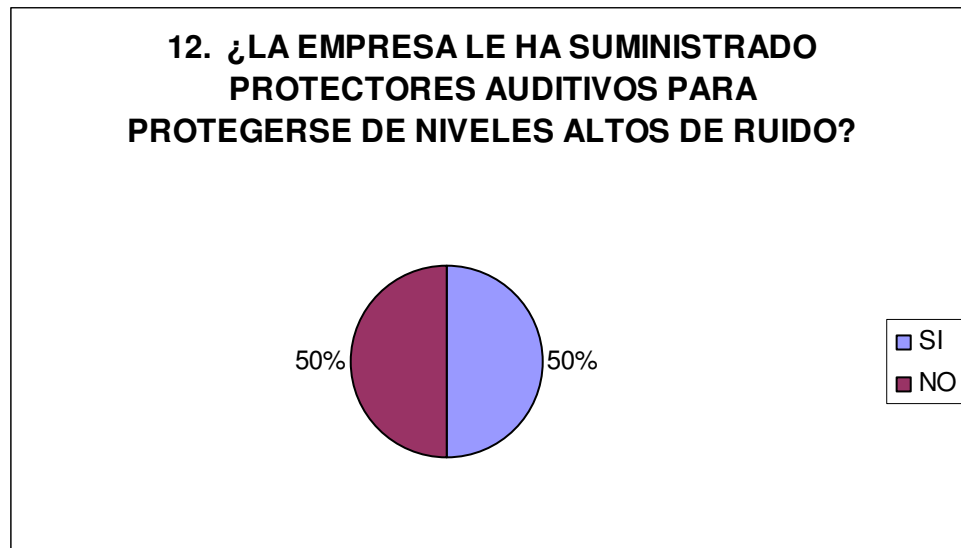


Ilustración 48: Resultado Pregunta No. 12

Algunos de los trabajadores que permanecen en la obra, realizando diferentes labores, no siempre se les ha suministrado protección auditiva, debido a que no están manipulando cierto tipo de maquinaria o simplemente no se encuentran cerca de las fuentes, aunque sigan estando expuestos a altos niveles de ruido. De igual manera, no existen tantos protectores auditivos para cada trabajador; no hace parte de la dotación de cada uno como lo es un overol, botas, cascos, etc.

13. SI EN EL PUNTO ANTERIOR RESPONDIÓ DE MANERA AFIRMATIVA, ¿HA UTILIZADO LA PROTECCIÓN AUDITIVA SUMINISTRADA SIEMPRE QUE ESTA EXPUESTO AL RUIDO EN SU AMBIENTE LABORAL?

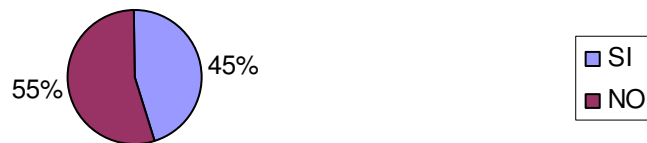


Ilustración 49: Resultado Pregunta No. 13

Claramente se evidencia que algunos trabajadores no entienden la importancia de usar dicha protección. Concienciarlos y hacerlos entender de las pérdidas auditivas que se pueden generar, es un valor agregado para el mejoramiento del ambiente laboral. Pueden existir diversos factores por los cuales los trabajadores a quienes si se les suministra protección auditiva no la usen: incomodidad, calor, dificultades en la comunicación, etc.

Preguntas No. 14 y 15

La empresa en alianza con las administradoras de riesgos profesionales, como parte de los programas de salud ocupacional, pueden brindar con cierta frecuencia cursos o talleres acerca de diferentes temas con respecto a la seguridad industrial. Lastimosamente, factores como el ruido no son tocados a menudo, por lo que los mismos trabajadores tampoco tienen el suficiente conocimiento de los daños que pueden tener en su audición.

**14. ¿HA RECIBIDO CURSOS O TALLERES
SOBRE EL RUIDO OCUPACIONAL Y LOS DAÑOS
EN LA AUDICIÓN?**

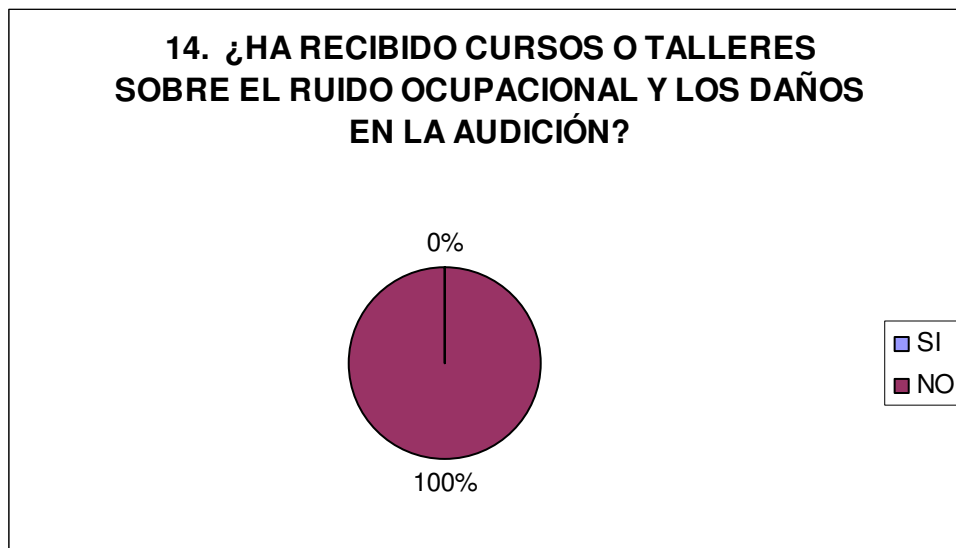


Ilustración 50: Resultado Pregunta No. 14

Algunos de los valores agregados que brinda la **ARP Bolívar** a sus empresas afiliadas son la capacitación, asesoría y asistencia técnica en cuanto a salud ocupacional se refiere. De igual manera, **CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.** cuenta con un asesor especialista (de la misma ARP) que participa de los comités de seguridad ocupacional realizados una vez al mes, donde se coordinan actividades y se orientan resultados para la disminución de accidentes. Es de gran importancia comenzar a implementar medidas de capacitación en cuanto a pérdida auditiva generada por altos niveles de ruido, ya que este es un factor de riesgo como cualquier otro y se puede convertir en un accidente laboral.

15. SI NO HA RECIBIDO CAPACITACIÓN SOBRE EL RUIDO OCUPACIONAL Y LOS DAÑOS EN LA AUDICIÓN, ¿CREE CONVENIENTE RECIBIRLA?

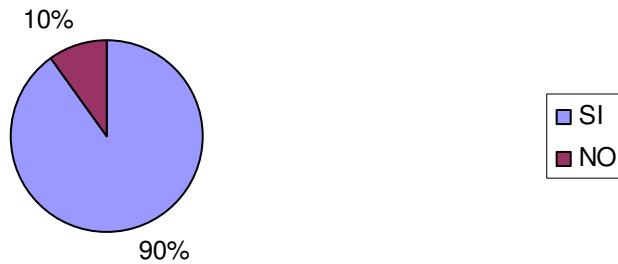


Ilustración 51: Resultado Pregunta No. 15

La gran mayoría de los trabajadores desea mejorar su ambiente laboral y tener conocimiento acerca de los daños que puede causar el ruido, algo de gran importancia para comenzar a realizar un control. Se presenta de manera lastimosa un 10% (4 trabajadores) que no presentan interés en recibir dicha capacitación, de los cuales su promedio de edad es de 58, 7 años.

Pregunta No. 16

Implementar medidas para el control de ruido en el ambiente laboral conlleva a mejorar el estado físico y emocional de los trabajadores expuestos, hacer cumplir las normativas y evitar pérdidas auditivas en los trabajadores.

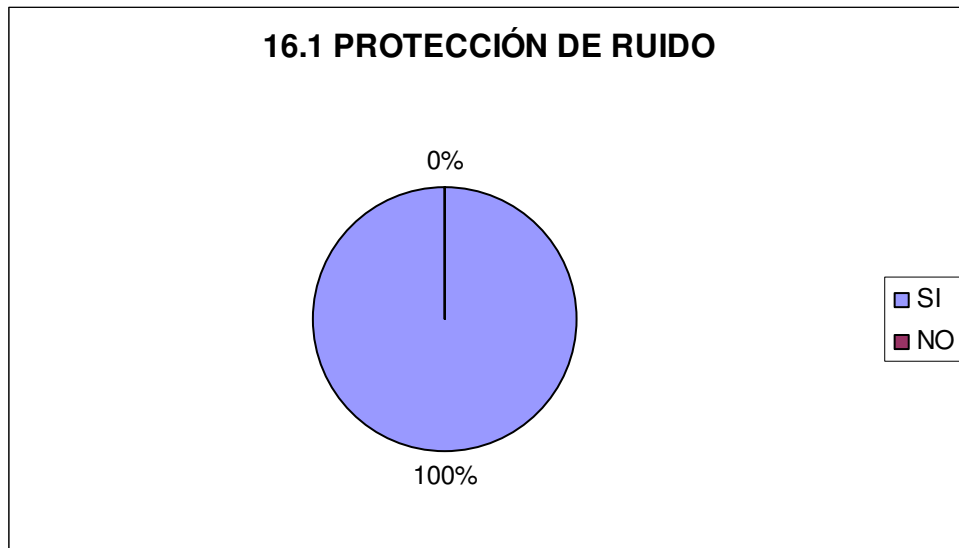


Ilustración 52: Resultado Pregunta No. 16.1

Todos los trabajadores están de acuerdo con usar la protección auditiva; se debe establecer la manera de uso y que tipo de protección dependiendo de la fuente de ruido y el oficio de cada uno.

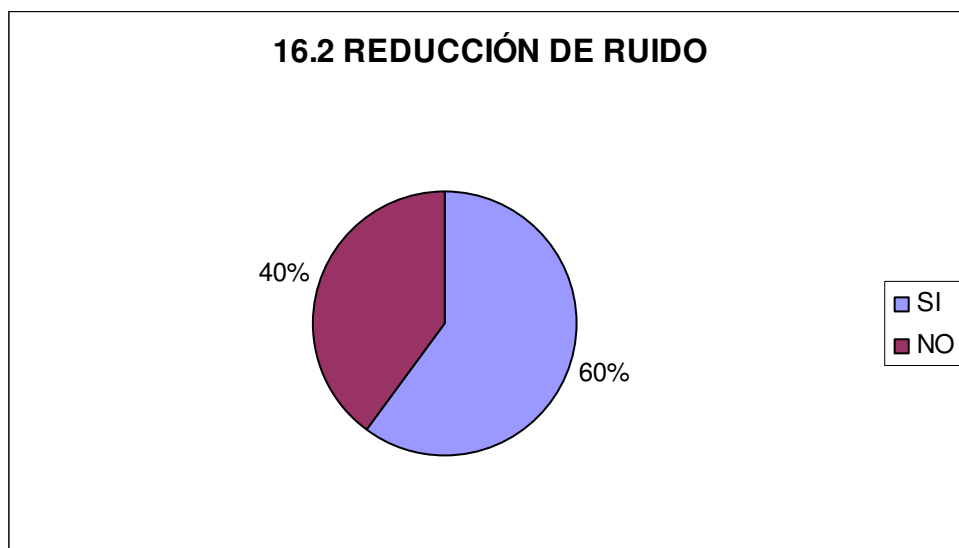


Ilustración 53: Resultado Pregunta No. 16.2

Aunque el 60% de los trabajadores está de acuerdo con reducir los niveles de ruido (controles en la misma fuente) algunos creen que es algo casi imposible, teniendo en cuenta que no siempre se maneja la misma maquinaria y esta siempre es alquilada; de igual manera consideran que esta reducción de ruido puede implicar el manejo de nueva tecnología. De este 40% (16 trabajadores) sus oficios están divididos de la siguiente forma:

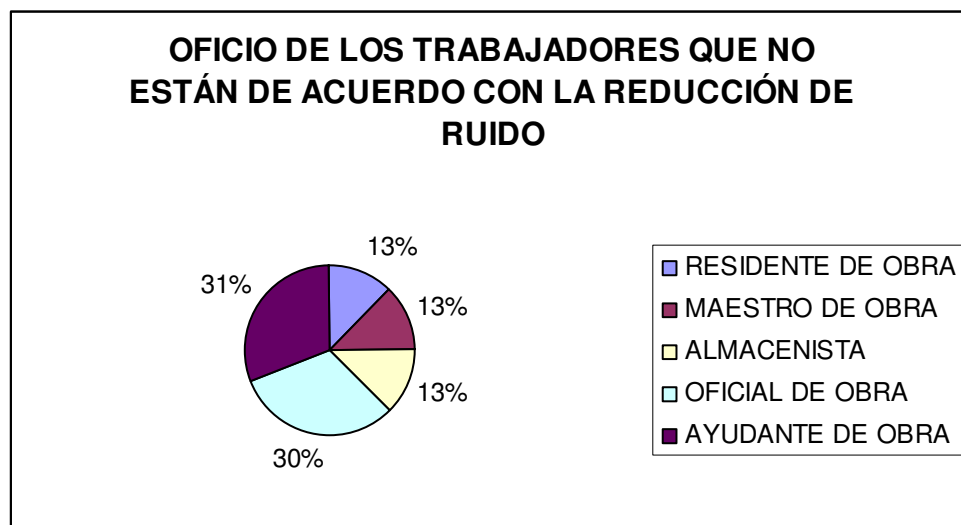


Ilustración 54: Análisis Pregunta No. 16.2

En algunos casos, la reducción del tiempo de exposición al ruido no es simplemente una medida de control o una recomendación. Por normativa se debe cumplir no más de un determinado tiempo, dependiendo del nivel medido de ruido. Lastimosamente esto no se cumple porque primero, no se tiene el conocimiento de dichas normas, y segundo, para la empresa implicaría mayores gastos en personal. De igual manera, la mayoría de los trabajadores tampoco está de acuerdo con dicha reducción del tiempo. La causa, pensar que no recibirán el mismo sueldo al no cumplir con su horario normal de trabajo.

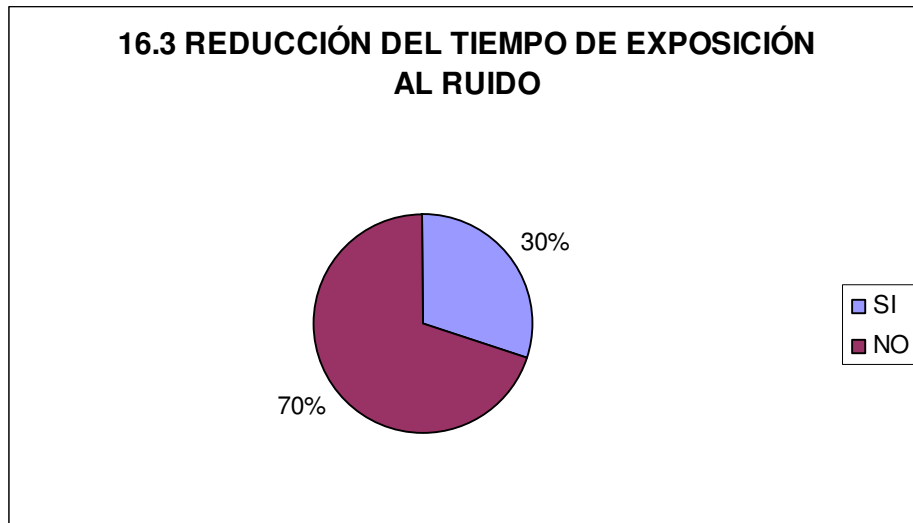


Ilustración 55: Resultado Pregunta No. 16.3

Un factor de relevancia son los años de experiencia que tienen los trabajadores que si están de acuerdo con la reducción del tiempo de exposición al ruido. Son los más jóvenes dentro de su mismo oficio. De este 30%, todos son ayudantes de obra y sus edades están repartidas así:

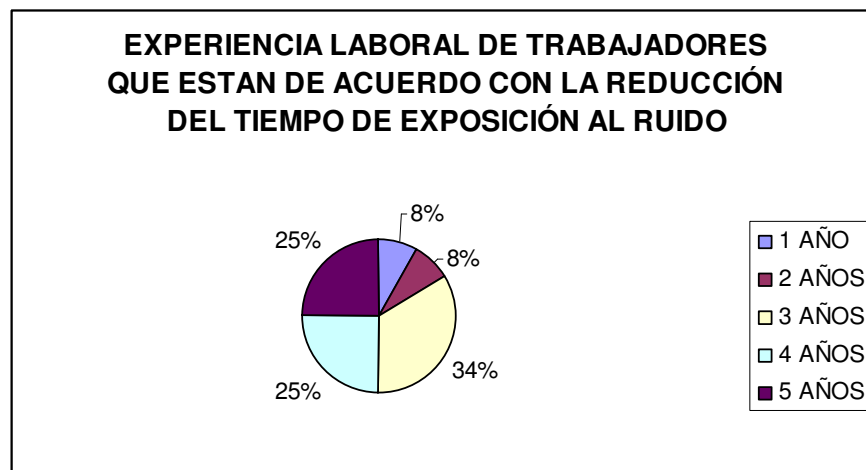


Ilustración 56: Análisis Pregunta No. 16.3

4.4.2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La desviación estándar junto con la mediana son factores validos y de gran importancia a la hora de conocer la confiabilidad de los resultados. 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.

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

Tabla 8. Análisis estadísticos de la encuesta

5. DESARROLLO INGENIERIL

Este capítulo está conformado por la propuesta de control de ruido; se encuentra dividido en la dirigida para la misma fuente (emisor) y en la protección auditiva recomendada a utilizar por los trabajadores expuestos (receptor). El medio de transmisión también hace parte de dicho control, pero no se tendrá en cuenta debido a las siguientes razones:

- El espacio donde se desarrollan algunas de las obras no es el suficiente para acomodar elementos entre los receptores y las fuentes; la incomodidad y la falta de visualización para los trabajadores sería un impedimento y un riesgo para realizar de manera óptima sus labores. Por ejemplo, las barreras acústicas deben tener ciertas dimensiones para mayor efectividad en cuanto a atenuación, por lo que se debería contar con espacios significativos para su adecuación. Al mismo tiempo, algunas de las máquinas no trabajan de manera fija (fuentes de ruido móviles como excavadoras, compactadores, vibrocompactadores, etc.), de manera que el espacio y la movilidad también serían un impedimento.
- El deterioro de los elementos ubicados en la vía de transmisión sería casi inevitable, ya que factores como polvo, barro, humedad, tierra o escombros estarían presentes debido a las mismas funciones de la maquinaria (taladros, cortadoras, etc.)
- Es obvio que cada máquina utilizada en construcción posee diferentes especificaciones y tiene diferentes funciones, por lo que el ruido que produce cada una de ellas tiene diferente contenido de energía a distintas frecuencias. Para algunos casos, el control de ruido en el medio de transmisión se tendría que aplicar dependiendo de la máquina (diferentes materiales acústicos en los elementos de atenuación) lo que implicaría un incremento en cuanto a costos y tiempo en el uso de diferentes dispositivos (transporte, ubicación, adecuación, etc.) Se debe recalcar que la mayoría de las empresas de construcción en el país, incluyendo **CONSTRUCCIONES KYOTO E.U.** no cuenta con ningún tipo de maquinaria propia; al requerirse trabajos de excavaciones, demoliciones, etc. se buscan diferentes proveedores para el alquiler de la misma. Por lo tanto no es

posible que las constructoras inviertan en modificaciones o adecuaciones de la maquinaria para la reducción del ruido.

5.1. PROPUESTA DE CONTROL DE RUIDO EN LAS FUENTES

El control en la maquinaria, que es la fuente de ruido principal en la construcción, es el factor de mayor importancia en cualquier control de ruido, ya que si se disminuye los niveles emitidos se minimiza la cantidad de exposición a 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 esta dispuesta a asumirlos, ya que la maquinaria medida 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 para el desarrollo del proyecto esta enfocado para mejorar el ambiente laboral respecto al ruido dentro de procesos de construcción, manteniendo una estrecha relación con el control a los receptores y manejando un presupuesto viable para quien desee aplicarlo.

5.1.1. CONTROL EN EL COMPRESOR

En esta máquina se analizó que el nivel de ruido varía si la tapa que recubre el motor se encuentra abierta o cerrada.

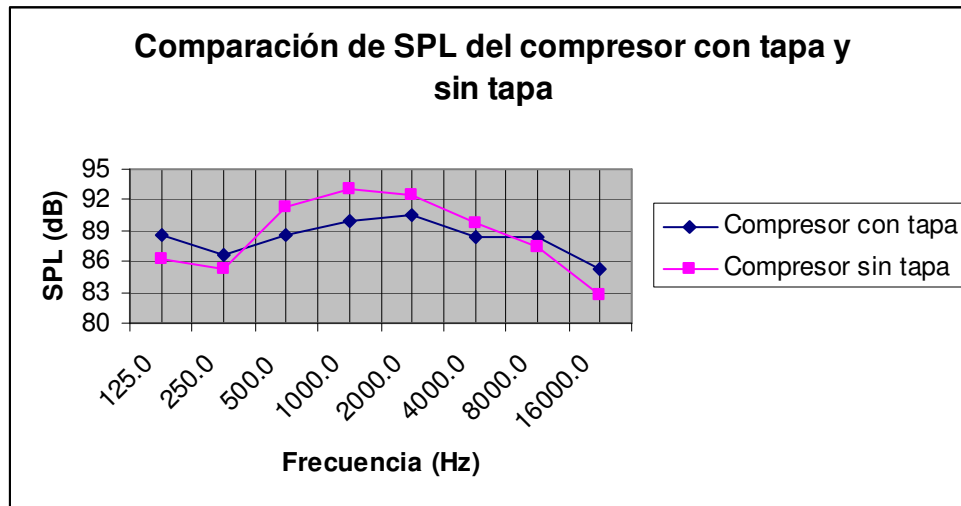


Ilustración 57: Comparación de niveles de ruido del compresor

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.

Características del material

Descripción

El material propuesto 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 maneja temperaturas elevadas, por lo que dicho material esta diseñado para soportarlas (más de 200 ° C).



Ilustración 58: Material acústico propuesto para el control de ruido en el compresor

Coefficientes de absorción del material:

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NCR*
0.07	0.27	0.96	1.13	1.08	0.99	0.85

Tabla 9. Coeficientes de absorción del material

* Coeficiente de reducción del sonido

Los coeficientes de absorción del material 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.

Reducción de la transmisión del ruido

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	STC*
13dB	20dB	29dB	40dB	50dB	55dB	32

Tabla 10. Reducción de la transmisión del ruido

* Coeficiente de transmisión del sonido

Diseño

El material propuesto viene en forma de rollos y brinda la facilidad de ser cortado. Este se colocaría por partes en el exterior de la máquina, recubriendo su misma forma por medio de cinta de alta densidad, la cual posee un terminado aluminizado. Se dejarían espacios para abrir la puerta y en las rejillas, salidas de manueras y en su tablero de control.



Ilustración 59: Recubrimiento del compresor con material acústico

5.2. PROPUESTA DE CONTROL EN LOS RECEPTORES

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

5.2.1. CALCULO DE REDUCCIÓN DEL RUIDO QUE APORTAN LOS APARATOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA.

Para llegar a una propuesta en el control de ruido dirigido al receptor por medio de protectores auditivos de manera científica con mezcla de subjetividad, se pueden utilizar dos métodos importantes y principales que son: Método de cálculo de octavas de banda y el Método del numero único (la tasa de reducción de ruido).

Este segundo se calcula con un espectro de ruido rosa a un nivel de presión sonora de 100dB en cada banda de octava entre 125Hz y 8000Hz en lugar del espectro real del ruido; para nuestro caso, se toma el primer método, pues se conoce el espectro del ruido y las demás variables que llevan a calcular un nivel de banda de octava de *protección estimados con ponderación (A) aproximado* (nivel de ruido al que la persona estará expuesta con el protector auditivo), que permiten conocer si un protector auditivo es optimo o no.

Método de cálculo de octavas de banda

Para el desarrollo de este método se han llevado a cabo las siguientes etapas:

1. Medición de los niveles de ruido por bandas de octava.
2. Corrección con ponderación (A) de los datos de la primera etapa.
En este caso las mediciones se realizaron con la ponderación (A) directamente.
3. Atenuación del tapón.

Este dato se realiza en laboratorios y debe ser entregado en las especificaciones de los protectores por los fabricantes o distribuidores.

4. Desviación típica.

Es un dato constante obtenido de la desviación típica (por 2) de las frecuencias a examen por un grupo de 100 personas (personas analizadas subjetivamente en laboratorio con protectores).

5. Fórmula.

A los valores que dieron como resultado en la etapa 2 (niveles de ruido por bandas de octava en ponderación A), se le resta el valor de la atenuación del tapón por bandas de octava y luego se le suma el valor de la desviación típica.

Se aplicó el método en distintos tipos de protectores auditivos fabricados por la empresa ARSEG S.A. la cual es líder en el mercado colombiano y distribuye a diferentes países de Latinoamérica. Se escogieron dos clases de protectores luego de haber realizado una comparación de todos, debido a su buena atenuación y dependiendo de los niveles de ruido emitidos por cada máquina, se compararon para la propuesta de control. Cabe mencionar que los datos de atenuación se obtuvieron de la página Web de la misma empresa: www.arseg.com

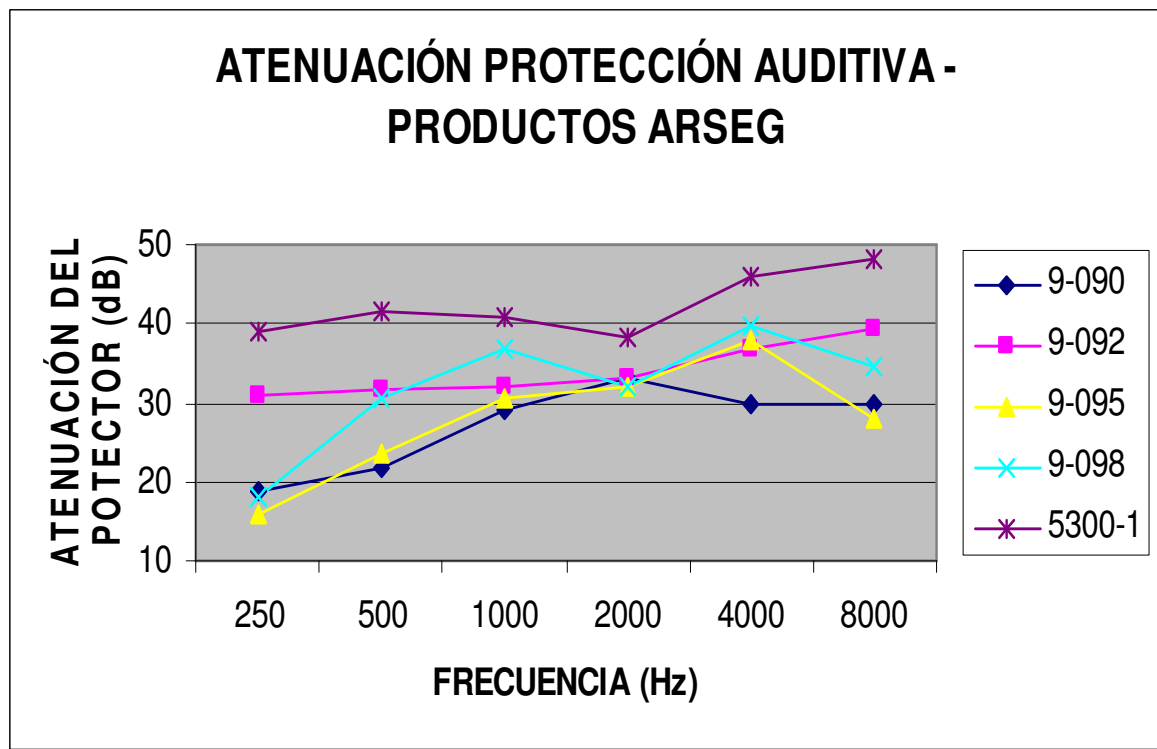


Ilustración 60: Atenuación protección auditiva ARSEG S.A.

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:

PROTECTOR AUDITIVO TIPO TAPÓN 5300-1



Ilustración 61: Protector auditivo tipo tapón 5300-1

Características

- NRR (Nivel de Reducción de Ruido): 25
- Fabricado en espuma moldeable de poliuretano.
- De amplia utilización en todos los niveles de contaminación auditiva como talleres, punzonadoras, remachadoras, máquinas neumáticas, cepillos, caladoras, textileras y petroleras.
- Facilidad de uso y no requiere de mantenimiento (desechable).

PROTECTOR AUDITIVO TIPO COPA 9-098



Ilustración 62: Protector auditivo tipo copa 9-098

Características

- NRR (Nivel de Reducción de Ruido): 21
- Copas en ABS que incrementan la atenuación del ruido.
- Nivel de atenuación de 10 a 40dB según frecuencia.
- Las copas tienen desplazamiento hacia arriba y hacia abajo, y giran 360 grados.
- La diadema permite un ajuste suave y completo a la cabeza.
- Los cojinetes proporcionan comodidad y protección al oído externo hasta 40 dB en frecuencias de 2000 a 3000Hz
- Uso en: Aeropuertos, talleres, astilleros, industria metalmecánica, campos de tiro, campos petroleros, acerías, y en operaciones de punzonadoras, cepillado,

martillos de pilón, laminadoras de acero, taladradoras de rocas, calibradores de armas, cacerías, motosierras y guadañadoras.

El nivel de ruido medido de las siguientes tablas se obtuvo a dos metros de las fuentes: para el taladro neumático punto 7 y para el compresor punto 1.

Para taladro neumático:

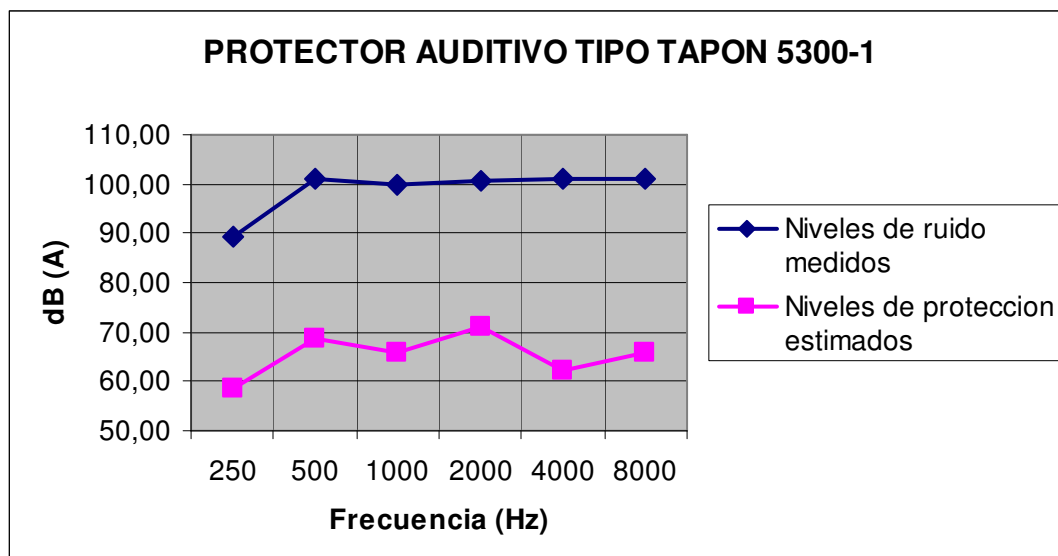


Ilustración 63: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo tapón 5300-1 para el taladro neumático

En la gráfica se está comparando el nivel de ruido medido en dB(A) frente al nivel de ruido al que la persona estará expuesta con el protector auditivo, encontrando en algunas octavas, diferencias de hasta más de 30 dB.

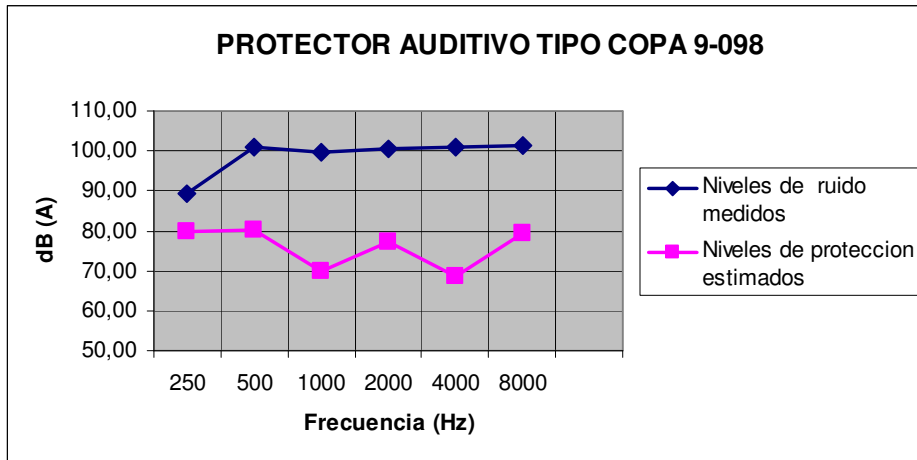


Ilustración 64: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo copa 9-098 para el taladro neumático

Con este protector no se tiene una atenuación muy grande en bajas frecuencias, aunque en bandas de 1000Hz y 4000Hz (mayor sensibilidad del oído) la atenuación llega a ser de 30dB.

Para compresor de aire:

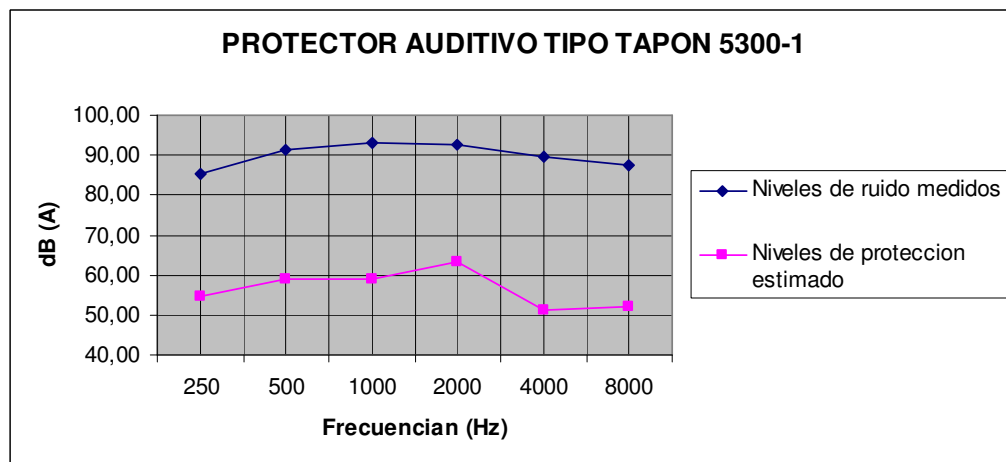


Ilustración 65: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo tapón 5300-1 para el compresor

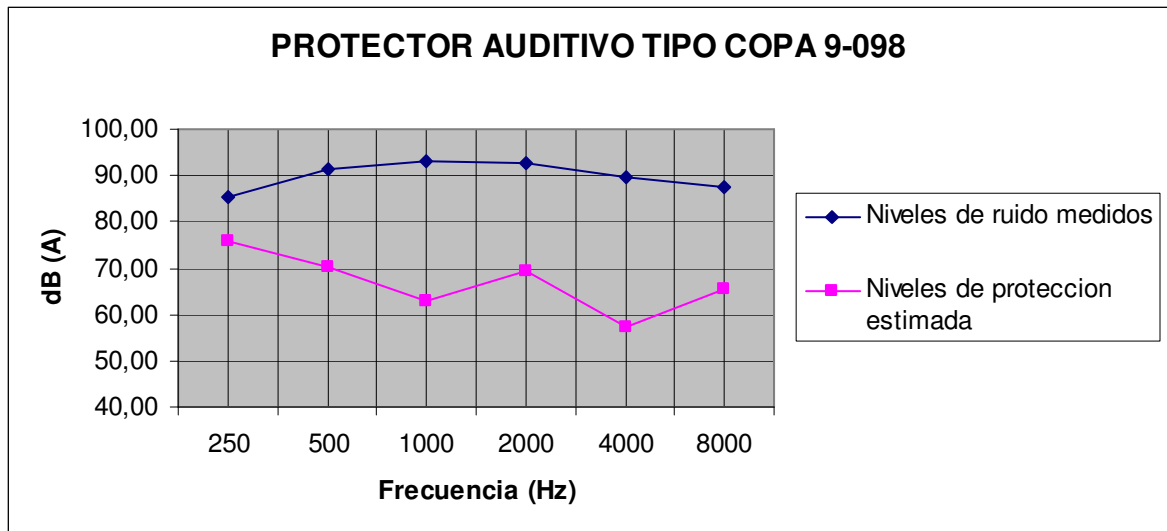


Ilustración 66: Comparación de niveles medidos y atenuados del protector auditivo tipo copa 9-098 para el compresor

5.3. GUÍA DE CONTROL, RECOMENDACIONES Y CONDICIONES SEGURAS PARA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El establecimiento de las condiciones óptimas de trabajo para la industria de la construcción esta referenciado en el siguiente sitio Web:

<http://www.edebedigital.com/proyectos/7478>

6. 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: su sistema auditivo puede estar afectado y tener daños irremediables.
- El taladro neumático es sin duda alguna una de las máquinas más ruidosas que se pueden encontrar en el ambiente laboral de construcción: sobrepasa en algunas frecuencias los 101dB; lastimosamente su uso es indispensable para algunos procesos, por lo que es muy común encontrarla en cualquier proyecto civil: carreteras, edificaciones, estructuras, etc.
- Las frecuencias en banda de octava con mayor cantidad de energía para el ruido 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.
- El tipo de suelo es un factor de gran importancia al evaluar el nivel de ruido que produce el taladro tras su funcionamiento y su contacto con este. Para concreto, los niveles de ruido fueron mayores que para la mezcla entre piedra y tierra, debido a que el impacto que se necesita para romper el primero debe ser mayor: la presión ejercida por la máquina es la misma, pero la ejercida por el operador puede variar.

- 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 cambiar la direccionalidad del sonido.
- El nivel que emana el taladro neumático enmascara de manera subjetiva el nivel de ruido del compresor, aunque su análisis en frecuencia es considerablemente variable.
- Las especificaciones que brinda la empresa SULLAIR, fabricante del compresor medido, no se cumplen en cuanto afirman que a 7 metros de distancia de la fuente el nivel de ruido es de 75dB(A), mientras que los niveles medidos a 8 metros sobrepasan por 5dB(A) el valor estipulado anteriormente.
- Existe una diferencia de aproximadamente 4dB para frecuencias medias cuando se hacen mediciones del ruido emitido por el compresor sin tapa y con tapa. Es de gran importancia recalcar que la direccionalidad del ruido de esta máquina se ve afectada si la tapa está o no puesta, ya que cubre el motor, el cual es el principal productor de ruido dentro de ella. El ruido tiende a salir por las aberturas y las rejillas de refrigeración; el control está hecho de manera que el nivel de ruido que logra salir de la máquina por algunos espacios sea el menor posible.
- Su contenido energético en bajas frecuencias es mayor que el del taladro neumático, por lo que su control directo es más difícil de proponer.
- El material propuesto para el control de ruido en la fuente (compresor) cumple con las características de auto extinguido, pero se debe tener el conocimiento de que la temperatura que se maneja dentro de la máquina es bastante elevada, por

lo que el grosor y el mismo material pueden afectar el correcto funcionamiento (fundido de componentes, recalentamientos, etc.)

- El nivel de ruido del compresor a una distancia de 10 o más metros tiende a confundirse con el ruido de fondo.

- 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 cada uno de los ingenieros.

- Se pretende que con el control estipulado para la fuente y el estipulado para los receptores se eviten daños irremediables en la audición de las personas expuestas al factor del ruido en sus inmediaciones.

- El ruido no debe ser un factor al que los trabajadores se tienen que “acostumbrar”, ya que por medio de la tecnología se puede 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.

- Lastimosamente los trabajadores no son concientes de la importancia de usar protección auditiva en su ambiente laboral tras 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 por su oficio o por su ambiente de trabajo. Al mismo tiempo, su salario es el más bajo dentro de los trabajadores de la empresa.

- Los trabajadores de la empresa están dispuestos a recibir capacitaciones en cuanto a pérdidas y daños auditivos por su oficio se refiere, ya que se debe tener el manejo adecuado de la protección auditiva brindada a cada uno.

- Los trabajadores son concientes de que están expuestos a niveles elevados de ruido, identificando su ambiente laboral como el agente principal a este fenómeno.

- Los valores de atenuación de la protección auditiva impuesta para realizar el control son tomados de la página Web de la empresa que los fabrica (ARSEG S.A.) y se desconoce de que manera fueron medidos y obtenidos dichos valores, por lo que se tiene la plena confianza de que son reales.

- Los métodos de reducción de ruido que aportan los aparatos de protección auditiva no son tan precisos; más que de las mediciones, dependen de la atenuación del tapón hechas en los laboratorios.

- Los protectores de copa tienen mal comportamiento en bajas frecuencias. No se recomiendan para protegerse del ruido emitido por compresores de aire.

- La protección auditiva es el medio más económico para una reducción de ruido, empero, se corre el riesgo de 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.

7. RECOMENDACIONES

- Antes de realizar las mediciones de ruido en ambientes laborales se debe tener en cuenta que tipo de normativa se debe aplicar, tener en cuenta las características propias del ruido y de las fuentes, las especificaciones de la maquinaria y elegir la instrumentación adecuada.
- Es de gran ayuda seleccionar los métodos de trabajo que constituyan el menor riesgo posible para el personal, ya que el proceso de mediciones no debe interferir con la labor de cada trabajador.
- Antes de realizar procedimientos de demoliciones, se debe tener en cuenta el tipo de suelo con el que se va a trabajar, ya que dependiendo de este se usa protección auditiva específica (atenuaciones por frecuencia).
- El compresor es un tipo de maquinaria que se puede movilizar con facilidad; se recomienda dejarlo a cierta distancia (ver mapas de ruido) donde solo el operario esté expuesto a sus niveles de ruido.
- El estado de la maquinaria puede influir en los niveles de ruido que emite (cantidades innecesarios de fluidos, calibraciones, tiempo de vida, etc.) La empresa, al no poseer maquinaria, debe recurrir a proveedores de alta calidad con maquinaria de última tecnología, la cual está diseñada con controles de ruido mucho más específicos que modelos anteriores. De igual manera, esto contribuye a que sus procesos sean mucho más eficaces.

- Se deben realizar de manera periódica mediciones de ruido en el ambiente laboral. Esto conlleva a proponer nuevas alternativas en cuanto a protección y control se refiere.
- La persona que está a cargo de velar por que se cumplan las condiciones de seguridad en el ambiente laboral debe tener amplio conocimiento de que el ruido es un factor que aunque no sea visualizado como un accidente de manera inmediata, es un riesgo claro que afecta al trabajador y que puede hacer tanto o mayor daño como cualquier otro. Esta persona no debería ser el mismo residente de obra, ya que son dos labores distintos.
- La protección auditiva debe ser parte de la dotación personal de todos y cada uno de los trabajadores que estén expuestos al ruido. Cada vez que se deteriore o se pierda se debe hacer la respectiva reposición por parte de la empresa de manera inmediata.
- Las zonas de obra deben tener avisos de seguridad industrial a la vista de todos los trabajadores, incluyendo siempre la de “USAR PROTECCIÓN AUDITIVA”, ya que es la que menos se encuentra en dichos perímetros.
- Todos los trabajadores que entren en la zona demarcada por los mapas de ruido o en la misma obra deben tener protección auditiva, independientemente si están o no manipulando cualquier tipo de maquinaria.
- Los protectores auditivos deben estar acorde con la comodidad de quien los use. Los recomendados y expuestos en el desarrollo ingenieril para el control en los receptores tienen especificaciones con base en dicho factor.

- Los trabajadores que ingresen a la empresa y vayan a estar sometidos a niveles de ruido elevados se les debe practicar un estudio de cómo está su audición, ya que al término del contrato o a la finalización del proyecto deben mantenerse sus umbrales auditivos.
- Los trabajadores deben exigir que se le realicen estudios de su audición o audiometrías por lo menos una vez al año, para estar enterados del estado de su audición. También deben tener conocimiento acerca de que leyes los cobijan a la hora de un accidente laboral.
- Las Asesoras de Riesgos Profesionales están encargadas de realizar brigadas y talleres de seguridad industrial, pero muy pocas veces se toca el factor ruido como agente de riesgo. Exigir este tipo de actividades con profesionales especializados será de gran ayuda para evitar los daños en la audición de los trabajadores.
- Se deben tener cuidados especiales por parte de la empresa a los trabajadores que tengan limitaciones auditivas o que presenten síntomas de molestias a niveles de ruido muy elevados. Establecer condiciones de seguridad básicas para ellos es primordial para que no empeore su cuadro de audición, evitándose problemas a futuro que puedan causar pérdidas permanentes.
- Brindar información a los trabajadores de la empresa acerca de los riesgos que pueden tener al estar expuestas al ruido a determinadas jornadas de labores, estableciendo las medidas de seguridad pertinentes del asunto.

BIBLIOGRAFIA

CYRIL M, HARRIS, MANUAL DE MEDIDAS ACUSTICAS Y CONTROL DE RUIDO, TERCERA EDICION, Mc.GRAW-HILL, 1995.

REJANO DE LA ROSA, MANUEL, RUIDO INDUSTRIAL Y URBANO, PARANINFO THOMSON LEARNING, 2000.

GRUPO EXPERTO EN PÉRDIDA AUDITIVA DE ORIGEN OCUPACIONAL, PROTOCOLO DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA PARA EL CONTROL DEL RUIDO, SEGURO SOCIAL, 2002.

ALVARINO, CESAR, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RUIDO, SEGURO SOCIAL, 2002.

REVISIÓN DE TEMAS, 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.

ANEXOS

Bogotá, Marzo 6 de 2006

KYO-GER-036-06

Señores:
Universidad de San Buenaventura
Atención:
Nodo de Investigación Facultad de Ingeniería de Sonido
Ciudad

Por medio de la presente autorizamos a los señores Oscar Andrés Gómez Ortiz con Cédula de Ciudadanía No. 80.099.888 de Bogotá y Briham David Guzmán con Cédula de Ciudadanía No. 80.102.153 de Bogotá, estudiantes de último semestre de la facultad de Ingeniería de Sonido de esa Universidad, para que realicen en nuestros proyectos de obras civiles en Bogotá, un monitoreo, control de ruido y en general diferentes pruebas relacionadas con el estudio, la prevención y el diagnóstico del ruido ocasionado por los diferentes equipos de construcción utilizados por nuestra Empresa durante la ejecución de los proyectos.

Este semestre tenemos en ejecución tres proyectos en la ciudad de Bogotá donde se pueden realizar estas labores como son:

Universidad Militar – Ampliación sede facultad de medicina

Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos – Plaza de mercado 20 de Julio –
Reforzamiento estructural

Hospital Militar Central – Remodelación piso 5º y piso 11º

Es necesario que dichos estudiantes se presenten a la obra con su respectivo carné de la universidad y carné de la EPS correspondiente y cumplan con las condiciones de seguridad internas de cada obra.

Quedaremos atentos a conocer los resultados de esta importante labor y de realizar las acciones preventivas y/o correctivas necesarias para procurar una mejor salud ocupacional de nuestros trabajadores.

Atentamente,

Ing. Hernán Jáuregui Reina
Representante Legal

Copia: Obras mencionadas
Archivo

